

Braunschweigische
Wissenschaftliche Gesellschaft

Jahrbuch 2008



J. CRAMER Verlag · Braunschweig
2009

Das vorliegende Jahrbuch ist bei der Braunschweigischen Wissenschaftlichen
Gesellschaft und im Buchhandel erhältlich
Preis: € 16,00

Gedruckt mit Hilfe von Forschungsmitteln
des Landes Niedersachsen

Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft
Fallersleber-Tor-Wall 16 · D-38100 Braunschweig
Postfach 3329 · D-38023 Braunschweig
Telefon: (05 31) 1 44 66 · Fax (05 31) 1 44 60

<http://www.bwg-niedersachsen.de>

Für die Redaktion verantwortlich:
Der Generalsekretär der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

ISSN 0931-1734
ISBN 978-3-934656-26-0

Gesamtherstellung:
J. Cramer Verlag · Am Hasengarten 23 A · D-38126 Braunschweig
2009
Printed in Germany

INHALTSVERZEICHNIS

ALLGEMEINES UND HISTORISCHES

Zur Geschichte der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft (BWG) ..	7
Die Organe der BWG 1943-2008	8
Satzung der BWG	10

HINWEISE AUF VERANSTALTUNGEN DER BWG

<i>Risiko/Sicherheit</i> – Potentiale der Schwerpunktbildung in der Forschung am 11.09.2008	15
Verleihung <i>Braunschweiger Bürgerpreis</i> für herausragende studentische Leistungen am 06.12.2008	16
<i>Akademie-Vorlesungen im Schloss „Licht und Engerie“</i> am 08./16.04.2008 und 28.10/03.12.2008	17
<i>Vortragsreihe im phaeno „Mit Mathe ist zu rechnen“</i> am 09./30.10 und 27.11.2008	22
Symposiumsbericht von <i>Klaus Gahl</i> : Interdisziplinäres Symposium zu Fragen der Bioethik „ <i>Genetische Daten als Ware – Möglichkeiten und Risiken im Umgang mit Biodatenbanken</i> “ am 27.02.2008	25

PLENARVERSAMMLUNGEN

19.01.2008	in Braunschweig	
	<i>Udo Peil</i> : Wieviel Wind braucht ein Gloria? – Physik macht Musik –	36
	<i>Claus-Artur Scheier</i> : Schlusswort zur Neujahrssitzung der BWG	39
08.02.2008	in Braunschweig	
	<i>Ute Daniel</i> : Die Geburt der Medientheorie aus dem Geist der Propa- ganda: Entstehungskontexte der Medienforschung in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts (Literaturhinweise)	41
14.03.2008	in Braunschweig	
	<i>Werner Leonhard</i> : Energiespeicher für die Speisung des elektrischen Verbundnetzes aus natürlichen Quellen (Literaturhinweise)	42
11.04.2008	in Braunschweig	
	<i>Manfred Krafczyk</i> : Rechnergestützte Simulationen: Möglichkeiten und Grenzen (ausführliche Fassung in den Abhandlungen LXII [2010])	

13.06.2008	in Braunschweig <i>Harmen Thies</i> : Der Bauplan der Rotonda. Neues zu Palladio	
12.07.2008	in Clausthal-Zellerfeld <i>Gunther Kühne</i> : Die Liberalisierung und Deregulierung der Strom- und Gasversorgung: Eine Reform vor der Entgleisung?	43
10.10.2008	in Braunschweig <i>S. Büttgenbach</i> : MEMS – MOEMS – BioMEMS: Komplexe Funktionen auf kleinstem Raum	61
14.11.2008	in Hannover <i>B. Denkena</i> : „Das Produktionstechnische Zentrum Hannover“ – Produktionstechnische Forschung entlang der Prozesskette –	65
12.12.2008	in Braunschweig Haupt- und Wahlsitzung	

KLASSENSITZUNGEN

Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften

08.02.2008	in Braunschweig <i>Ernst Schaumann</i> : Was macht Organoschwefelchemie attraktiv?	66
13.06.2008	in Braunschweig Regularien	
10.10.2008	in Braunschweig <i>Karl-Heinz Gericke</i> : Möglichkeiten und Anwendungen der Lasermikroskopie	67

Klasse für Ingenieurwissenschaften

08.02.2008	in Braunschweig Regularien	
13.06.2008	in Braunschweig Regularien	
10.10.2008	in Braunschweig <i>Rolf Radespiel</i> : Neue Hochauftriebssysteme für zukünftige Verkehrsflugzeuge	69
12.12.2008	in Braunschweig Regularien	

Klasse für Geisteswissenschaften

08.02.2008	in Braunschweig <i>Friedrich Geigant</i> : Hannovers kurzer Flirt mit der Zettelwirtschaft (ausführliche Fassung in den Abhandlungen LXII [2010])	
14.03.2008	in Braunschweig <i>Heinz Kloft</i> : Geld als Kulturleistung und als politisches Symbol. Theodor Mommsen und die antike Goldwährung	70
11.04.2008	in Braunschweig Regularien	
13.06.2008	in Braunschweig <i>Klaus Conermann</i> : Akademie, Kritik und Geschmack: Zur Sprach- arbeit der Fruchtbringenden Gesellschaft des 17. Jahrhunderts	91
12.12.2008	in Braunschweig Regularien	

FEIERLICHE JAHRESVERSAMMLUNG am 16. Mai 2008

Öffentliche wissenschaftliche Vorträge**Carl-Friedrich Gauß-Kolloquium: „Mikrobiologie der Umwelt: Bakterien und die Kreisläufe des Lebens“**

<i>Julia Vorholt</i> , Zürich	
Mikrobielles Leben auf Blattoberflächen	100
<i>Georg Fuchs</i> , Freiburg	
Vom Einbau des Treibhausgases CO ₂ in die Zellen	109
<i>Barbara Reinhold-Hurek</i> , Bremen	
Mikrobielle Gemeinschaften mit Pflanzen zur Fixierung von Stickstoff aus der Luft	
<i>Bärbel Friedrich</i> , Berlin	
Wasserstoffaktivierung in Gegenwart von Sauerstoff: Eine Herausforderung für den Katalysator Hydrogenase	120

Festversammlung im Altstadtrathaus

Der Präsident der BWG, <i>Joachim Klein</i>	
Ansprache und Bericht	126
<i>Dieter Jahn</i> , Hannover	
Laudatio zur Verleihung der Carl-Friedrich-Gauß-Medaille 2008 an <i>Rudolf K. Thauer</i>	136

<i>Rudolf K. Thauer, Wien</i>	
Nickel und die drei Prinzen von Serendip	140
Urkunde und Lebenslauf des Preisträgers	142
Der Generalsekretär der BWG, <i>Claus-Artur Scheier</i>	
Schlusswort	145
 KOMMISSIONEN DER BWG	
Numismatische Kommission:	
Kommission Risiko-Beherrschung:	
 MITTEILUNGEN	
Veröffentlichungen	147
Geschäftliche Mitteilungen	147
 PERSONALIA	
Todesfälle	148
Zuwahlen	149
Inhaber der Carl-Friedrich-Gauß-Medaille 1949-2008	155
Mitgliederverzeichnis	159

ALLGEMEINES UND HISTORISCHES

Zur Geschichte der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

Im Jahre 1943 führten die Initiativen einiger Professoren der Braunschweiger Technischen Hochschule Carolo Wilhelmina zur Gründung der „Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft“. Sie wurde nach Genehmigung der vorgelegten Satzung durch den damals zuständigen Reichsminister für Wissenschaft, Erziehung und Volksbildung am 9. Dezember 1943 in einer feierlichen Sitzung konstituiert. Das zu diesem Anlass von dem ersten Vorsitzenden des Senats der neuen Gesellschaft, Prof. Dr.-Ing. Ernst Schmidt, erstattete Referat gibt Auskunft über die Motive dieser Gründung. Maßgebend war der Wunsch nach Überwindung eines allzu engen wissenschaftlichen Spezialistentums und einer einseitigen Orientierung der Forschung auf rasche Verwertbarkeit ihrer Ergebnisse. Dies wird in der ersten Satzung der Gesellschaft deutlich. In deren § 1 bestimmt sie: „insbesondere soll sie über die fachlichen Grenzen hinaus die Bearbeitung von Gemeinschaftsaufgaben übernehmen und dazu beitragen, innere Beziehungen zwischen allen Wissens- und Lebensgebieten herzustellen“. Organisatorisch war die Neugründung als selbständige wissenschaftliche Gesellschaft mit eigenen Organen (Kuratorium, Senat, Fachbereiche) angelegt. Der jeweilige Rektor der Technischen Hochschule Braunschweig war jedoch ex officio zum Präsidenten der Gesellschaft bestimmt, was hauptsächlich auf eine administrative Vereinfachung abzielte.

Bis Ende 1944 wurde die Gesellschaft durch Berufung von Mitgliedern aus verschiedenen Fachgebieten personell ausgebaut. Besondere Aktivitäten konnte sie in den letzten Monaten des zweiten Weltkrieges nicht mehr entfalten. Sie bestand auch nach dem Kriege unter einem kommissarischen Präsidenten unverändert fort. Jedoch wurden Maßnahmen eingeleitet, um die Gesellschaft uneingeschränkt zu verselbständigen, wobei die Organisationsform einer Akademie der Wissenschaften angestrebt wurde. Sie war im Kern durch Selbstergänzung und begrenzte Platzzahl der Mitglieder sowie durch Gliederung in Fachbereiche bereits vorhanden.

Vor allem wurde die Gesellschaft nun auch mit ihrem Plenum und ihren Abteilungen – seit 1950 Klassen – wissenschaftlich aktiv. In beiden Bereichen wurden wissenschaftliche Vorträge und Diskussionen durchgeführt. Initiiert von Prof. Dr. phil. Eduard Justi erschien 1949 der erste Band der als Publikationsorgan eingerichteten „Abhandlungen“. Im gleichen Jahre verlieh die Gesellschaft erstmalig die kurz zuvor gestiftete Carl-Friedrich-Gauß-Medaille. 1953 erhielt die Gesellschaft schließlich den Status einer Körperschaft des öffentlichen Rechts. Mit dem Errichtungserlass des Niedersächsischen Landesministeriums wurde ihr zugleich eine neue Satzung gegeben, in der freilich Teile der ehe-

maligen Satzung erhalten geblieben waren. 1971 erhielt die Gesellschaft eine in einigen Bereichen veränderte und schließlich 2008 ihre heute gültige Satzung, die sie im Geiste einer Akademie der Wissenschaften mit deutlich technischem Schwerpunkt auszufüllen bestrebt ist. In diesem Rahmen finden laufend wissenschaftliche Plenar- und Klassensitzungen statt. Zur Durchführung langfristiger Forschungsvorhaben hat die BWG eine Kommission für Niedersächsische Bau- und Kunstgeschichte, eine Kommission für Umwelt und Technik, eine Kommission für Recht und Technik und 2007 eine Kommission für Münzfunde und Geldgeschichte im Deutschland des Mittelalters und der Neuzeit eingesetzt. Von den jährlich erscheinenden „Abhandlungen“ sind bisher 59 Bände publiziert worden. Initiiert von Prof. Dr. techn. Karl Heinrich Olsen veröffentlicht die BWG seit 1983 Jahrbücher, die insbesondere über Vortragsveranstaltungen, Kommissionstätigkeiten und Personalien berichten.

Die Organe der BWG 1943 – 2008

Konstituierende Sitzung: 30.11.1943

Eröffnungssitzung:	09.12.1943	[siehe Abhandlungen der BWG 21 (1969), 8]
Erste Satzung:	1944	[siehe Abhandlungen der BWG 1 (1949), 169]
Zweite Satzung:	1953	[siehe Abhandlungen der BWG 5 (1953), 212]
Dritte Satzung:	1971	[siehe Abhandlungen der BWG 22 (1970), 291]
Vierte Satzung:	1993	[siehe Jahrbuch der BWG (2007), 10]
Fünfte Satzung:	2008	[siehe Jahrbuch der BWG (2008), 10]

Präsidenten

1943-45: Fritz Gerstenberg; 1946-48: Gustav Gassner; 1949-50: Hans Herloff Inhoffen; 1951-53: Eduard Justi; 1954-56: Leo Pungs; 1957-59: Max Kohler; 1960-62: Hans Kroepelin; 1963-66: Paul Koeßler; 1967-70: Hermann Blenk; 1971-77: Karl Gerke; 1978-80: Herbert Wilhelm; 1981-86: Karl Heinrich Olsen; 1987-92: Gerhard Oberbeck; 1993-95: Werner Leonhard; 1996-1999: Norbert Kamp; seit 2000: Joachim Klein

Generalsekretäre

1943-45: Ernst August Roloff; 1946-48: Wilhelm Gehlhoff; 1949-50: Eduard Justi; 1951-53: Hermann Schlichting; 1954-1959: Hans Herloff Inhoffen; 1960-61: Hellmut Bodemüller; 1962-64: Hans Joachim Bogen; 1965-69: Hermann Schaefer; 1970-71: Karl Gerke; 1972-73: Arnold Beuermann; 1974-80: Karl Heinrich Olsen;

1981-82: Ulrich Wannagat; 1983-85: Hans Joachim Kanold; 1986-88: Egon Richter; 1989-91: Harmen Thies; 1992-94: Ulrich Wannagat; 1995-97: Helmut Braß; 1998-2000: Elmar Steck; seit 2001: Claus-Artur Scheier

Vorsitzende der Klassen

BIS 1954 SEKRETÄRE DER ABTEILUNGEN

Mathematik und Naturwissenschaften

1943-47: G. Cario; 1948-50: P. Dorn; 1951-53: H.H. Inhoffen; 1954-57: P. Dorn; 1958-60: H. Kroepelin; 1961: H. Poser; 1962-64: H. Hartmann; 1965-66: H. Schumann; 1967-72: M. Grützmaker; 1973-76: U. Wannagat; 1977-80: H.R. Müller; 1981-84: E. Richter; 1985-89: O. Rosenbach; 1990-91: St. Schottlaender; 1992-94: H.-J. Kowalsky; 1995-97: H. Tietz; 1998-1999: K. Schügerl; 2000: G. Müller; 2001-2003: J. Heidberg; 2004-2006: E. Winterfeldt, seit 2007: Th. Hartmann

Ingenieurwissenschaften

1943-48: E. Marx; 1949-53: L. Pungs; 1954-56: O. Flachsbar; 1957-60: W. Hofmann; 1961-64: H. Hausen; 1965-70: G. Wassermann; 1971-77: H.W. Hennicke; 1978-79: Th. Rummel; 1980-83: M. Mitschke; 1984-93: R. Jeschar; 1994-96: H.-G. Unger; 1997-2000: E. Stein; 2001-2005: M. Lindmayer; seit 2006: P. Wriggers

Bauwissenschaften

1943-48: ?; 1949-53: Th. Kristen; 1954-62: F. Zimmermann; 1963-67: A. Pflüger; 1968-69: J. Göderitz; 1970-73: W. Wortmann; 1974: K.H. Olsen; 1975-78: H. Duddeck; 1979-83: W. Höpcke; 1984-93: J. Herrenberger; seit 1994: vereinigt mit der Klasse für Ingenieurwissenschaften

Geisteswissenschaften

1943-48: W. Jesse; 1949-53: W. Gehlhoff; 1954-57 (Obmann): W. Jesse; 1958-61 (Obmann): H. Glockner; 1962-68 (Obmann): H. Heffter; 1969-78: A. Beuermann; 1979-87: M. Gosebruch; 1988-89: H. Boeder; 1990-91: G. Maurach; 1992-1998: C.-A. Scheier; 1999: G. Maurach; 2000: C.-A. Scheier; seit 2001: H.-J. Behr

Satzung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

(In Kraft seit 13.05.2008)

§ 1

Die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft hat durch eigene Tätigkeit und im Zusammenwirken mit anderen Gesellschaften der Wissenschaft zu dienen.

§ 2

Die Gesellschaft ist eine Körperschaft des öffentlichen Rechts. Ihr Sitz ist Braunschweig. Sie führt ein Dienstsiegel.

§ 3

Die Gesellschaft hat drei Klassen:

- die Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften,
- die Klasse für Ingenieurwissenschaften,
- die Klasse für Geisteswissenschaften.

§ 4

(1) Die Gesellschaft besteht aus ordentlichen und korrespondierenden Mitgliedern.

(2) Ordentliche Mitglieder können verdienstvolle Gelehrte werden, die ihren Wohnsitz in Niedersachsen haben. Sie sind zur regelmäßigen Teilnahme an den Sitzungen des Plenums und ihrer Klassen sowie zur Förderung der wissenschaftlichen Arbeit verpflichtet und gehalten, zu den Publikationen der Gesellschaft beizutragen. Ordentliche Mitglieder, die das 70. Lebensjahr vollendet haben, werden von den Pflichten entbunden, behalten jedoch ihre Rechte bei. Die Höchstzahl der ordentlichen Mitglieder, welche das 70. Lebensjahr noch nicht vollendet haben, beträgt:

- 30 für die Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften,
- 40 für die Klasse für Ingenieurwissenschaften,
- 30 für die Klasse für Geisteswissenschaften.

(3) Zu korrespondierenden Mitgliedern können, ohne Rücksicht auf ihren Wohnsitz, verdienstvolle Gelehrte berufen werden, denen eine regelmäßige persönliche Teilnahme an den Sitzungen und Arbeiten der Gesellschaft nicht möglich ist. Sie können an allen Sitzungen teilnehmen, haben aber kein Stimmrecht. Die Zahl der korrespondierenden Mitglieder ist nicht beschränkt.

(4) Ordentliche Mitglieder, die ihren Verpflichtungen nicht nachzukommen vermögen, können die Überführung in den Status eines korrespondierenden Mitglieds beantragen. Von ordentlichen Mitgliedern, die ohne gerechtfertigten Grund vier aufeinanderfolgenden Sitzungen des Plenums oder ihrer Klasse ferngeblieben sind, muss angenommen werden, dass sie ihren Verpflichtungen nicht mehr nachzukommen vermögen. Auf Vorschlag ihrer Klasse kann durch den Verwaltungsausschuss die Mitgliedschaft in die eines korrespondierenden Mitglieds umgewandelt werden.

§ 5

Die Mitglieder werden auf Vorschlag von mindestens drei ordentlichen Mitgliedern und nach Antrag der zuständigen Klasse durch das Plenum in geheimer Abstimmung gewählt.

(1) Auf die Mitgliedschaft kann durch schriftliche Erklärung gegenüber dem Präsidenten verzichtet werden.

(2) Ein Mitglied kann wegen ehrenrührigen Verhaltens ausgeschlossen werden. Für das Verfahren gelten die Vorschriften über die Wahl.

§ 6

(1) Im Plenum und in den Klassen berichten die Mitglieder über eigene Arbeiten und die ihrer Mitarbeiter, die ordentlichen Mitglieder auch über Arbeiten anderer. Der Vorsitzende kann zum wissenschaftlichen Teil der ordentlichen Sitzungen Gäste, die von einem ordentlichen Mitglied eingeführt sind, einladen.

(2) Das Plenum hält in jedem Jahr mindestens eine Hauptsitzung ab. Es hört und erörtert Rechenschaftsberichte. Zu den Hauptsitzungen sind auch die korrespondierenden Mitglieder einzuladen.

§ 7

Die Gesellschaft gibt die „Abhandlungen der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft“ sowie ein „Jahrbuch“ heraus. Einzelheiten regelt die Druckschriftenordnung.

§ 8

Die Gesellschaft kann darüber hinaus eigene Forschungsarbeiten durchführen, Forschungsarbeiten ihrer Mitglieder oder Dritter unterstützen, wissenschaftliche Stellungnahmen abgeben und wissenschaftliche Tagungen, Symposien sowie Vorträge veranstalten. Um der Öffentlichkeit Einblick in wissenschaftliche Probleme zu geben und sie mit den Ergebnissen wissenschaftlicher Arbeit bekanntzumachen, veranstaltet die Gesellschaft auch öffentliche Vorträge. Ferner kann

die Gesellschaft wissenschaftliche Schriften und Berichte herausgeben oder ihre Herausgabe unterstützen.

§ 9

Die Gesellschaft verleiht, in der Regel jährlich zum Geburtstag von Carl Friedrich Gauß am 30. April, die „Carl-Friedrich-Gauß-Medaille“. Das Verfahren regeln die besonderen Bestimmungen für die Verleihung der Gauß-Medaille.

§ 10

(1) Die Leitung der Gesellschaft obliegt dem Präsidenten. Er beruft die Sitzungen des Plenums ein, stellt die Tagesordnung fest, leitet die Verhandlungen, hat bei allen mündlichen Abstimmungen für den Fall der Stimmengleichheit die entscheidende Stimme, führt den Vorsitz in allen Ausschüssen – soweit nicht andere Regelungen getroffen sind –, unterzeichnet die Sitzungsprotokolle und sorgt für die Ausführung der Beschlüsse. Er vertritt die Gesellschaft nach außen und hat die Aufsicht über die Geschäftsführung im Benehmen mit den Klassenvorsitzenden.

(2) Der Präsident wird aus dem Kreis der ordentlichen Mitglieder durch das Plenum in geheimer Abstimmung für die Amtsdauer von drei Jahren gewählt. Wiederwahl ist zulässig. Ersatzwahlen erfolgen für den Rest der Amtsdauer.

(3) Die Stellvertretung des Präsidenten übernimmt als Vizepräsident der turnusmäßig älteste Klassenvorsitzende.

§ 11

(1) Die Leitung der Klassen obliegt den Klassenvorsitzenden; § 10 Abs. 1 Satz 2 gilt entsprechend.

(2) Die ordentlichen Mitglieder jeder Klasse wählen aus ihrem Kreis in geheimer Abstimmung den Klassenvorsitzenden so, dass jedes Jahr einer der Klassenvorsitzenden ausscheidet. Wiederwahl ist zulässig. Ersatzwahlen erfolgen für den Rest der Amtsdauer.

(3) Die Klassenvorsitzenden betrauen mit ihrer Vertretung von Fall zu Fall ein ordentliches Mitglied der Klasse.

§ 12

(1) Dem Generalsekretär obliegen die Geschäftsführung, die Veranstaltung öffentlicher Vorträge und die Herausgabe von Veröffentlichungen der Gesellschaft.

(2) Der Generalsekretär muss seinen Wohnsitz in Braunschweig oder im näheren Umkreis von Braunschweig haben. Er wird aus dem Kreis der ordentlichen Mitglieder durch das Plenum in geheimer Abstimmung für die Amtsdauer von drei

Jahren gewählt. Wiederwahl ist zulässig. Ersatzwahlen erfolgen für den Rest der Amtsdauer. In dem Jahr, in dem der Präsident neu gewählt wird, soll ein Wechsel im Amt des Generalsekretärs nicht stattfinden.

§ 13

Der Präsident, die Klassenvorsitzenden und der Generalsekretär bilden den Verwaltungsausschuss. Dieser hat die Aufgabe, über Arbeitsvorhaben und Arbeitsweise der Gesellschaft zu beschließen, den Haushaltsplan aufzustellen und über Inventar und Vermögen der Gesellschaft im Rahmen der Beschlussfassung des Plenums zu verfügen. Der Präsident kann zur Beratung des Verwaltungsausschusses Mitglieder der Gesellschaft und andere Persönlichkeiten, deren Teilnahme im Interesse der Gesellschaft liegt, hinzuziehen.

§ 14

(1) Der Haushaltsplan ist vor Beginn des Haushaltsjahres (Kalenderjahr) aufzustellen und vom Plenum zu beschließen.

(2) Überschüsse früherer Jahre verbleiben der Gesellschaft; sie sind im Haushaltsplan auszuweisen.

(3) Die Gesellschaft hat nach Ende eines jeden Haushaltsjahres eine Rechnung aufzustellen. Die Rechnung ist, unbeschadet einer Prüfung durch den LRH nach § 111 LHO, durch ein in einem ordnungsgemäßen Vergabeverfahren ermittelten Wirtschaftsprüfungsunternehmen zu prüfen. Die Prüfung soll sich auf die Ordnungsmäßigkeit der Rechnungslegung sowie auf die wirtschaftliche und satzungsgemäße Verwendung der Mittel erstrecken.

Das Plenum beschließt ferner über die Entlastung des Verwaltungsausschusses. Die Entlastung bedarf der Genehmigung des MWK und des MF.

§ 15

Das Plenum beschließt ferner über die Geschäftsordnung, Druckschriftenordnung, Bestimmungen über die Verleihung der Gauß-Medaille und über Änderungen dieser Satzung.

§ 16

(1) Zu Wahlen und Beschlussfassungen gemäß § 14 Abs. 1 und 3 und § 15 muss mindestens die Hälfte der Anzahl der ordentlichen Mitglieder unter 70 Jahren anwesend sein.

(2) Die Wahlen und die Beschlüsse über Satzungsänderungen erfordern eine Stimmenmehrheit von zwei Dritteln aller anwesenden stimmberechtigten Mitglieder. Führt bei der Wahl des Präsidenten und des Generalsekretärs der erste

Wahlgang zu keiner Zweidrittelmehrheit, so findet sofort ein zweiter Wahlgang statt. Wird auch hierbei die Zweidrittelmehrheit nicht erzielt, so ist in einem dritten Wahlgang gewählt, wer die absolute Mehrheit erreicht. Notfalls ist eine Stichwahl durchzuführen. Bei Stimmengleichheit entscheidet das Los.

(3) Bei den übrigen Beschlussfassungen und sonstigen Abstimmungen entscheidet die einfache Mehrheit der stimmberechtigten Anwesenden.

(4) Ordentliche Mitglieder können ihr Stimmrecht durch schriftliche Vollmacht auf ein anderes ordentliches Mitglied übertragen; in diesem Fall gelten sie als anwesend.

§ 17

(1) Die Wahl des Präsidenten und es Generalsekretärs bedarf der Bestätigung durch die LReg.

(2) Der Haushaltsplan und Änderungen dieser Satzung bedürfen der Genehmigung durch die LReg.

(3) Das Ergebnis der Wahlen der ordentlichen Mitglieder und der Klassenvorsitzenden, der Ausschluss eines Mitglieds und der Verzicht eines Mitglieds auf die Mitgliedschaft sind der LReg. anzuzeigen.

Übergangsbestimmungen

Die Satzung tritt mit dem Tag der Genehmigung in Kraft. Befristet auf fünf Jahre nach dem Inkrafttreten der Satzung können der Klasse für Ingenieurwissenschaften bis zu 45 ordentliche Mitglieder unter 70 Jahren angehören, wobei die Höchstzahl aller ordentlichen Mitglieder unter 70 Jahren in der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft auf 100 begrenzt bleibt.

Veranstaltungen der BWG

Risiko/Sicherheit – Potentiale der Schwerpunktbildung in der Forschung am 11.09.2008

- 10.00 Uhr **Begrüßung** und Einführung sowie Kurzvorstellung der Teilnehmer durch C.A. Scheier – BWG
- 10.20 Uhr **Präsentation** der bestehenden Initiativen und Schwerpunkte mit Beiträgen von (u.a.):
- U. Peil Initiative Risiko, Braunschweig
 - F.-W. Bach Initiative Sicherheit, Hannover
 - P. Winzer Netzwerk Sicherheit, acatech
 - W. Gabbert Gesellschaftliche Relevanz
 - E. Schnieder Begrifflichkeiten
 - H.P. Beck Netzwerk Energie-Forschung
 - K.D. Kühn Förderschwerpunkte und -programme
- 14.00-16.00 Uhr **Diskussion** und Schlussfolgerungen
Offene Diskussion u.a. zu folgenden Fragestellungen:
- Gelingt es, einen gemeinsamen übergreifenden Forschungsansatz zu formulieren?
 - Welche konkreten Initiativen lassen sich thematisch definieren?
 - Frage der Vernetzungsmöglichkeiten der Institute/Hochschulen und in der BWG.
 - Frage der Fördermöglichkeiten und des weiteren Vorgehens.

Moderation und Diskussionsleitung: Monika Sester, Prof. Dr.-Ing., Institut für Kartographie und GeoInformatik, Leibniz-Universität Hannover, und Udo Peil, Prof. Dr.-Ing., Institut für Stahlbau, TU Braunschweig.

Verleihung Braunschweiger Bürgerpreis für herausragende studentische Leistungen am 06.12.2008

Veranstalter: Stiftung Braunschweiger Bürgerpreis für herausragende studentische Leistungen
Braunschweigisches Landesmuseum
Technische Universität Braunschweig
Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft
Ort: Braunschweigisches Landesmuseum

Programm

Begrüßung:

Prof. Dr. h.c. Gerd Biegel, M.A., Ltd. Museumsdirektor des Braunschweigischen Landesmuseums

Preisverleihung und Vorstellung der Preisträger:

Thomas Heinisch, Vorstandsvorsitzender der Stiftung Braunschweiger Bürgerpreis
Prof. Dr. Jürgen Hesselbach, Präsident der TU Braunschweig

Gratulation:

Prof. Dr. Dr. Claus-Artur Scheier, Generalsekretär der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

Festvortrag:

Prof. Dr. Peter M. Neumann (The Queen's College, Oxford): „Die Memoiren von Évariste Galois – Was ein Achtzehnjähriger im Jahre 1830 über algebraische Gleichungen erfinden konnte.“

Akademie-Vorlesungen im Schloss 08./16.04.2008 und 28.10/03.12.2008

Licht und Energie

- Veranstalter: Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft
Kulturinstitut der Stadt Braunschweig
- Ort: Roter Saal, Schloss Braunschweig, Schlossplatz 1
- Zeit: Beginn jeweils 18.30 Uhr
- Moderation: Prof. Dr. Dr. h.c. Joachim Klein, Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft

Unter diesem Motto haben Ende 2007 die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft und das Kulturinstitut der Stadt Braunschweig zu einer Vortragsreihe eingeladen und eine gute Resonanz gefunden. Dabei war und ist es das Ziel, Themen der Wissenschaft im neuen kulturellen Zentrum Braunschweigs zu verankern.

Unter dem Leitbegriff „Faszination Licht“ wurde in diesem Jahr diese Vortragsreihe im „Roten Saal des Schlosses“ fortgesetzt.

Inhaltlich ist dabei die Bedeutung des Phänomens Licht in der Verknüpfung mit sehr unterschiedlichen Disziplinen der Wissenschaft zur Sprache gekommen. Im Jahr der Mathematik durfte das Thema Mathematik nicht fehlen, auch wenn auf den ersten Blick die Verbindung gewagt erscheint. Die weiteren Vorträge waren dem Bereich Lebenswissenschaften zuzuordnen und griffen diese Aspekte aus der Sicht der Mikrobiologie, Psychologie sowie Medizin auf.

Im Anschluss an die Vorträge bestand im Foyer des Roten Saales die Gelegenheit zum Gespräch und zur Diskussion mit den Referenten.

Prof. Dr. Thomas **Sonar**, Technische Universität Braunschweig (08.04.2008)

„Mathematik und Licht“

Geht Ihnen bei Mathematik ein Licht auf? Wenn das nicht so sein sollte, dann ist es auch nicht schlimm, denn im Vortrag werden weitere Bezüge zwischen Mathematik und Licht klar beleuchtet. Die Optik als Wissenschaft wird maßgebend von Mathematikern entwickelt, und große Namen wie René Descartes,

Pierre Fermat und Isaac Newton sind hier zu nennen. In der Moderne ist die Optik eine gänzlich durchmathematisierte Theorie, in der mannigfache Bereiche der Mathematik – Geometrie, Variationsrechnung, Wellengleichungen – eine herausragende Rolle spielen. Auch in der Bildverarbeitung hilft nur Mathematik, wenn Bankräuber auf undeutlichen Photos oder Tumore in menschlichem Gewebe genau erkannt werden müssen. In neuester Zeit hilft das Licht umgekehrt der Mathematik auf die Sprünge – mit Licht sollen modernste Computer Realität werden!

Prof. Dr. Holger **Lubatschowski**, Biomedizinische Optik, Laserzentrum Hannover e. V. (08.04.2008)

*„Licht in der Augenheilkunde: Mikro- und Nano-Chirurgie
mit ultrakurzen Laserpulsen“*

Ultrakurzpuls-Lasersysteme haben mittlerweile ihre Kinderschuhe verlassen. Als kompakte und zuverlässige Strahlquellen stehen sie als einzigartiges Werkzeug für mikro- und nanometer-genaue Bearbeitung von Werkstoffen oder biologischem Gewebe zur Verfügung. In jüngster Zeit ist es verschiedenen Arbeitsgruppen gelungen, Femtosekunden-Laserpulse (eine Femtosekunde (fs) = 10^{-15} s) für den Einsatz in der Medizin und Biologie nutzbar zu machen. Insbesondere in der Augenheilkunde findet der Femtosekunden-Laser erfolgreich seinen Einsatz, etwa zur Korrektur von Fehlsichtigkeiten.

Doch auch das Potenzial dieser Art der Mikro- und Nanomanipulation im Bereich der Zellbiologie und angrenzenden Wissenschaften ist immens. Nanochirurgische Anwendungen an einzelnen biologischen Zellen oder Zellorganellen geben Aufschluss über die Biomechanik der Zellen oder lassen genetisches Material schonend in einzelne Zellen einschleusen.

Prof. Dr. Dieter **Jahn**, Technische Universität Braunschweig (16.04.2008)

„Wenn Bakterien ein Licht aufgeht“

Bakterien haben das Leuchten in der Biologie erfunden. Ob in der dunklen Tiefsee Krebspaare sich finden sollen oder furchterregende Tiefseefische ihre Beute anlocken, immer sind leuchtende Bakterien beteiligt. Sogar das bekannte Meeresleuchten haben sie zu verantworten. Ob auch der Leuchtkäfer Bakterien zur Beleuchtung angestellt hat, wird geklärt. Wohl vertraute und bizarre Lebewesen, alle mit der Fähigkeit Licht zu erzeugen, werden vorgestellt. Wie sie damit andere hinters Licht führen wollen, wird aufgedeckt.

Prof. Dr. Werner **Deutsch** und Dr. Meike **Watzlawik**, Technische Universität Braunschweig (16.04.2008)

*„Licht und Schatten in der Psychologie:
Von der Wahrnehmung zur Persönlichkeit“*

Der Vortrag geht aus von der Alltagsweisheit: Wo Licht ist, ist auch Schatten. Wir werden anhand psychologischer Untersuchungen zeigen, welche Bedeutung der Schatten für die visuelle Wahrnehmung hat und welche speziellen Phänomene dabei auftreten, wenn man sie aus einer neuropsychologischen Perspektive analysiert.

Daran anschließend werden wir psychologische Persönlichkeitstheorien unter die Lupe nehmen, um die Bedeutung der Metapher Schatten zu klären. Am Beispiel der Oper von Richard Strauss „Frau ohne Schatten“ werden wir die Verwendung eines psychologischen Konzepts für ein musikalisch literarisches Kunstwerk erläutern.

Prof. Dr. Sami K. **Solanki**, Max-Planck-Institut für Sonnensystem-Forschung, Katlenburg-Lindau (28.10.2008)

„Das Licht der Sonne - Ursprung und Einfluss der Erde“

Die Sonne, unser Tagesgestirn, überflutet die Erde mit Licht, ohne das Leben schwerlich möglich wäre. Woher holt die Sonne die gewaltigen Energiemengen, die sie Minute für Minute über Jahrmilliarden ausstrahlt? Wie wird diese Energie in das sichtbare Licht umgewandelt? Strahlt die Sonne auch Licht, das für unsere Augen unsichtbar ist? Wird sie uns auch in Zukunft mit ihrer Wärme gegen die Kälte des Weltalls schützen, oder wird sie sogar zu einer Gefahr für uns? Z.B. ist sie am Ende an der globalen Klimaerwärmung schuld und nicht die Menschheit?

Prof. Dr. Karl-Heinz **Gericke**, Technische Universität Braunschweig (28.10.2008)

„Da staunt Plato: Lasermikroskope erhellen die Biologie und Medizin“

Das Mikroskop ist viele Jahrhunderte alt und doch ist es wohl das am häufigsten genutzte Hilfsmittel vieler Biologen; denn vieles was wir damit beobachten lässt uns immer wieder aufs Neue erstaunen – und „der Anfang der Erkenntnis ist das Staunen“, wie uns Plato lehrt. Während bis vor kurzem noch Mikroskope das Licht von Lampen nutzten, um Bilder vom Inneren biologischer Zellen zu ergründen, haben inzwischen Laser die Mikroskopie erobert und deren Instru-

mentarium so signifikant verbessert, dass es nunmehr möglich ist, molekulare Prozesse innerhalb einzelner biologischer Zellen zu beobachten. Wir werden einen Einblick in die neuesten Entwicklungen der Lichtmikroskopie gewinnen und einige Anwendungen aus dem Bereich der Infektionsforschung kennen lernen. Dabei verlassen wir die zweidimensionale Bilder und kommen zu dreidimensionalen Filmen mit Zeitaufösungen von wenigen Milliardstel Sekunden.

Prof. Dr. Dr. Claus-Artur **Scheier**, Technische Universität Braunschweig (03.12.2008)

„Vom Licht der Philosophie“

Wenn wir eine Idee haben, ist uns ein Licht aufgegangen, und „wissen“ bedeutet wie das *eidenai* der Griechen „gesehen haben“. Die *idea* ist das Aussehen, sich Zeigen von etwas, Platons Idee das Licht, das etwas allererst zur Erscheinung bringt. Auf das Licht ist die Wissenschaft von ihrem griechischen Anfang an bezogen als auf ihre Quelle. Der Mythos, das Erzählte, ist immer etwas Besonderes, eine Lehre der und jener für die und die – das Licht ist die erscheinende Allgemeinheit, die gleiche Gegenwart für alle: Was im Licht steht oder zutage liegt, kann jeder nachprüfen. So sind die Metamorphosen der europäischen Wissenschaft zugleich Metamorphosen des Wissens vom Licht selbst, und erst die industrielle Moderne hat das „natürliche Licht der Vernunft“ verabschiedet. Aber sie entwarf – wie in der Photographie – auch neue Weisen des „Gesehenhabens“.

Dr. Carolin **Bohlmann**, Nationalgalerie Hamburger Bahnhof, Museum für Gegenwart, Berlin (03.12.2008)

„Lichtgefüge des 17. Jahrhunderts: Rembrandt und Vermeer“

In der Kunst der Epoche ist eine reichhaltige, historisch neue Lichtphänomenalität zu beobachten. Als deren wichtigstes Prinzip kann gelten: einem jeden Darstellungsgegenstand ist eine eigene lichthaft artikulierte Wirkkraft eigen. Die Elemente bestimmen sich gegenseitig in Termini des Lichts, selbst der Raumeindruck erwächst aus einem differentiellen Spiel abgestufter Helligkeiten, so dass sich sagen lässt: Lichtgefüge bilden die Grundlage der Bildschöpfungen, erst sie strukturieren die Sichtbarkeiten und geben die Gegenstände zu erkennen. Mit der Malerei des 17. Jahrhunderts wird das Licht selbst bildkonstitutiv. Es ist den Dingen immanent, es bildet den Raum des Helldunkel und dynamisiert die Szenen. Vor dem Hintergrund einer materialtechnischen Analyse soll die Beschaffenheit des Lichts im Barock dargelegt werden, die sich im

17. Jahrhundert immer mehr im Phänomen der Farbe erfassen lässt. Gerade im niederländischen Barock herrscht ein verschränktes System von Farben und Helldunkel. Der „technische“ Blick gilt hierbei vor allem den Gemälden Rembrandts und Vermeers, deren so unterschiedliche Malweise womöglich doch Parallelen im Umgang mit dem Licht erkennen lässt.

Vortragsreihe im phaeno 09./30.10 und 27.11.2008

Mit Mathe ist zu rechnen

Veranstalter: Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft
Akademie der Wissenschaften zu Göttingen
phaeno
I.P.I. Wolfsburg

Veranstaltungsort: phaeno, Wissenschaftstheater, Wolfsburg, Willy-Brandt-Platz 1

Kaum jemand „rechnet“ damit, dass hinter fast allem, was uns begegnet, Mathematik steckt: Vom Automobilbau bis zur Straßenplanung, vom Einkauf im Supermarkt bis zur Architektur.

In vielen Bereichen tragen mathematische Kenntnisse und Erkenntnisse zum Fortschritt bei. Ob es um die Stimmauszählung am Wahlabend, um die ideale Flanke im Fußball oder um das Fließverhalten von Flüssigkeiten in Babywindeln geht: Mathematik ist Vielfalt! Von Technologie bis Kommunikation, von Gesundheit bis Verkehr, von Politik bis Sport – Mathematik führt mitten hinein ins Leben.

Anlässlich des Jahres der Mathematik zeigten die Akademie der Wissenschaften zu Göttingen und die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft in Kooperation mit den Wolfsburger Veranstaltern phaeno und IPI, dass die Mathematik im Alltag nicht nur wichtig, sondern auch spannend und unterhaltend ist.

Prof. Dr. Thomas **Sonar**, Technische Universität Braunschweig und BWG-Mitglied (09.10.2008)

„Die Bändigung des Unendlichen“

Seit frühester Zeit haben Menschen über das Unendliche und die Unendlichkeit nachgedacht und waren davon fasziniert. Die Griechen als erste große Mathematiker waren von Furcht erfüllt, wenn es um das Unendliche ging, denn seltsame Dinge ließen sich konstruieren. Sie schlossen das Unendliche aus der Mathematik einfach aus. Galileo Galilei gelang dann der erste Beweis dafür, dass es genau so viele gerade Zahlen gibt wie natürliche Zahlen überhaupt. Erst im 19ten Jahrhundert gelang es Cantor und Dedekind in gemeinsamer Anstrengung, das Unendliche sauber zu erfassen. Über diese spannenden Entwicklungen wird hier berichtet werden.

Prof. Dr. Jens **Frahm**, Universität Göttingen und Mitglied der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen

„Mathematik hinter den Bildern Magnetresonanz-Tomographie des Gehirns“

Seit einigen Jahren stehen der medizinischen Diagnostik neue bildgebende Verfahren zur Verfügung, die auf nicht-invasive Weise detaillierte Informationen aus dem Inneren unseres Körpers liefern. Dies gilt in ganz besonderem Maße für anatomische wie funktionelle Darstellungen des zentralen Nervensystems, dem komplexesten uns bekannten Gebilde im Universum. Allerdings entsprechen diese Darstellungen nicht mehr unserer direkten Erfahrung, da sie auf keiner unmittelbaren Beobachtung beruhen, weder mit dem Auge noch mit einem optischen Werkzeug. Sie sind stattdessen mathematische Rekonstruktionen von Messdaten, die wiederum auf mathematisch definierte Weise erzeugt und verarbeitet werden. Der Vortrag wird die Magnetresonanz-Tomographie als ein solches bildgebendes Verfahren vorstellen und auf die vielfältigen mathematischen Beiträge hinweisen, die nötig sind, um uns virtuelle Modelle des menschlichen Gehirns als scheinbar reale Bilder zu vermitteln.

Prof. Dr. Rudolf **Kippenhahn**, Mitglied der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen und BWG-Mitglied (30.10.2008)

„Mathematik der Geheimschriften“

Geheimschriften gibt es seit der Mensch schreiben kann. Julius Caesar erfand seine eigene Geheimschrift. In den darauffolgenden Jahrhunderten wurden kompliziertere Methoden der Verschlüsselung gefunden. Die mit der deutschen Schlüsselmaschine ENIGMA chiffrierten Nachrichten konnten im Zweiten Weltkrieg die Alliierten mitlesen. In den letzten Jahrzehnten wurden völlig neue Chiffrierverfahren erfunden, mit denen zum Beispiel Banken den unberechtigten Zugang zu Konten sperren. Die Verfahren gestatten auch, eine Unterschrift elektronisch fälschungssicher zu übermitteln. Im Vortrag wird auf all dies eingegangen und es wird gezeigt, wie man einfache Geheimschriften knackt.

Albrecht **Beutelspacher**, Direktor des Mathematikums Gießen (30.10.2008)

„Mathematische Experimente“

In dem Vortrag werden mathematische Experimente vorgestellt, die technisch gesehen außerordentlich einfach sind, die aber Vorstellungen, Einsichten und Erkenntnisse vermitteln. Schon mit einem einfachen Blatt Papier kann man sehr

spannende Experimente machen. Die Zuhörer können die meisten Experimente „im Kopf“ mit nach Hause nehmen.

Der Vortrag ist sehr vergnüglich, mathematische Vorkenntnisse werden nicht vorausgesetzt.

Prof. Dr. Heiko **Harborth**, Technische Universität Braunschweig und BWG-Mitglied (27.11.2008)

„Ungelöste, lösbare Probleme der Elementarmathematik“

Es werden ein paar einfach zu verstehende mathematische Fragestellungen vorgestellt, die bisher noch unbeantwortet sind. So wird etwa nach der kleinsten Anzahl von Streichhölzern gefragt, die man ohne Überkreuzungen so auf einem Tisch anordnen kann, dass sich an jedem Ende genau vier Streichhölzer treffen. Es gibt auch in der Mathematik beliebig viele ungelöste Probleme, auch solche, an denen sich jeder versuchen kann,

Prof. Dr. Samuel **Patterson**, Universität Göttingen und Mitglied der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen (27.11.2008)

„Die Mathematik: Außenansichten – Innenansichten – Aussichten“

In diesem Jahr der Mathematik darf man sich die Frage stellen, „Warum soll ein intelligenter Mensch sich der Mathematik sein Leben lang widmen?“ Diese Frage hat mehrere Facetten. Warum bietet die Gesellschaft solchen Menschen ein Auskommen an, die in der Mathematik begabt sind? Was ist es für eine Faszination, die einige Leute für die Mathematik spüren und sie dazu bringt, ihre besten Jahre mit solchen Bemühungen zu verbringen? Gibt es in dieser ältesten Wissenschaft wichtige unbeantwortete Fragen? In diesem Vortrag wird der Referent sich diesen Fragen stellen.

Interdisziplinäres Symposium zu Fragen der Bioethik 27.02.2008

Genetische Daten als Ware*

Möglichkeiten und Risiken im Umgang mit Biobanken

Veranstalter: Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft in Kooperation mit der Akademie für Ethik in der Medizin, Göttingen, und dem Evangelischen Klosterforum Braunschweig.

Gewinnung, Analyse, Aufbewahrung und Sammlung von Organen, Geweben, Blut, Sperma, Zellen und DNA-Proben in sog. Biobanken sind heutzutage im In- und Ausland gängige Praxis im Dienste biologischer und medizinischer Grundlagenforschung, Diagnostik und Therapie. Zahlreiche Krankheiten sind dank solcher Datenbanken diagnostizierbar. Krebserkennung und -behandlung sind nicht mehr denkbar ohne feingewebliche molekulargenetische Typisierung eines Tumors.

Doch wem gehören die Materialien und wem die Daten? Zu wessen Nutzen werden sie gewonnen? Werden sie ausschließlich im individuellen Einverständnis und nur für den Datenspender verwandt? Dienen sie nur aktuellen Handlungsentscheidungen zwischen dem Spender und den behandelnden Ärzten? Welchen Umfang haben die persönlichen Daten? Welche medizinischen und sozial relevanten Aussagen lassen sie aktuell und für die Zukunft zu? Genetische Daten können potentiell prädiktive Informationen im Blick auf Krankheitsrisiken, Lebensplanung einschließlich Familie, Beruf und Versicherung liefern. Sie können auch zu psychischer Belastung und zu sozialer Ausgrenzung oder zu ökonomischen Sanktionierungen führen, wenn staatliche oder versicherungsrechtliche Zugriffsinteressen entstehen.

Die wissenschaftliche und kommerzielle Fremdnutzung der individuellen Materialien und Daten ist längst im Gang: in Form kollektiver epidemiologischer Untersuchungen zum Zusammenspiel von genetischem Potential und Verhaltens- und Umweltbedingungen bzw. Material- und Datenhandel oder Datenaustausch unter privatwirtschaftlichen oder öffentlichen Betreibern von Biobanken.

Die vielfältige wissenschaftliche, versorgungsmedizinische, (über-) individuelle und transgenerationelle Datennutzung, die durch die Biobanken ermög-

* Vorgelegt von Klaus Gahl, 21.01.2009

licht wird, impliziert eine Fülle von medizinischen Sachproblemen, von rechtlichen und nicht zuletzt ethischen Fragen der Regelung und Rechtfertigung. Diesen Fragen war das 5. öffentliche Symposium zu Fragen der Bioethik am 27. Februar 2008 gewidmet.

Herr **Prof. Dr. Josef Rüschhoff, (Pathologie-Institut Nordhessen Kassel)** entfaltete den Fächer der vielfältigen Möglichkeiten genetischer Diagnostik und der sich schon heute daraus ergebenden Therapie-Ansätze. Der 1. Teil seines Vortrags **Welche genetischen Daten können aus menschlichen Zellen und Geweben gewonnen werden?** war den zellulären und molekularbiologischen Grundlagen gewidmet. Für das Krankheitsverständnis begründete Rudolf Virchow (1821-1902) die Zellulärpathologie, indem er Krankheiten als durch Störungen der Zellmorphologie und -funktion bedingt ansah. Mit jeder Zellteilung wird die vornehmlich in den Zellkernen, genauer in den Chromosomen gespeicherte Erbinformation, die Erbsubstanz durch Halbierung der in den Körperzellen doppelten Chromosomenzahl (beim Menschen 22 homologe Autosomen + 1 ungleiches Paar von Geschlechtschromosomen = Heterosomen) auf die Tochterzellen weitergegeben (mitotische Zellteilung). Bei der geschlechtlichen Fortpflanzung liefern die Geschlechtszellen (Gameten) der beiden Eltern je einen einfachen (haploiden) Chromosomensatz für die Entwicklung. Die homologen Chromosomen stimmen zwar in Größe und Gestalt, nicht aber in ihrer genetischen Information überein. Die Fusion der beiden haploiden Gameten Ei- und Samenzelle, die Befruchtung = Fertilisation zur diploiden Zygote setzt den individuellen Entwicklungsprozess in Gang. Die Verteilung der mütterlichen und väterlichen Chromosomen eines homologen Paares auf die Gameten ist unabhängig; bei den 23 Paaren sind damit 2^{23} verschiedene Kombinationen der neu entstehenden Sätze möglich – ungeachtet der Möglichkeit zusätzlicher Varianten durch partiellen Chromosomenaustausch („cross-over“) und andere Störungen der Zellteilung (Non-Disjunktion von Chromosomen in der Mitose oder Schwesterchromatiden in der Meiose oder durch fehlende Zusammenlagerung homologer Chromosomen mit konsekutiven genetischen Aberrationen wie Poly- oder Aneuploidie; am bekanntesten wohl die Trisomie 21 mit dem Down-Syndrom). Derartige Anomalien können zu Krankheiten disponieren. – Die Chromosomen tragen die Erbinformation in Form der in der Doppelhelix umeinander gewundenen Desoxyribonukleinsäure-Polymere (Watson-Crick-Modell 1953) mit definierten linearen Nukleotidbasensequenzen (Adenin, Cytosin, Guanin und Thymin), in toto als Genom bezeichnet (erste Entschlüsselung von ca. 40.000 Genen des menschlichen Genoms durch Craig Venter 2001). Die Sequenzen der komplementären Basenpaare der beiden gegenläufigen (antiparallelen) DNA-Polynukleotidketten der „Doppelhelix“ übertragen (durch Transkription) ihre Information auf „Boten-Ribonukleinsäuren“ (mRNA), die wiederum die Synthese von Aminosäuren und deren Polymerisation zu Eiweißen (Proteinen) kodieren. Die variable Aktivität jedes Gens, die Gen-

expressivität, bestimmt die physiologische Funktion, den aktuellen Genotyp in seiner Gesamtheit. Das Genom ist nicht starr und unveränderlich. Durch segmentale intra- und interchromosomale DNA-Umordnungen, durch sog. Punktmutationen einzelner Nukleotidbasen oder durch fehlende oder verdoppelte DNA-Abschnitte (Gendeletion oder -duplikation) können vielfältige Mutationen entstehen; die Mutationsrate ist bei Tieren und Menschen sehr unterschiedlich.

Der 2. Teil des Vortrags galt den molekular- und gen-*diagnostischen* Möglichkeiten. Aufgrund der DNA-Basen-Sequenzen in den Doppelhelices lassen sich innerhalb einer Art (z. B. Spezies Mensch) Individuen genetisch durch Analyse von weniger als 1 µg DNA (mittels Polymerase-Kettenreaktion = PCR-Amplifikation) exakt unterscheiden. Erlaubt der „genetische Fingerabdruck“ (Fingerprinting) aus kurzen Basensequenzen eine individuelle Identifizierung, so gelingt der Vaterschaftsnachweis durch einen Test mit 25 DNA-Regionen mit einer 99,9999%igen Wahrscheinlichkeit. Beide Tests sind für die Rechtsprechung längst wichtige Instrumente. Die DNA-Analyse-Datei des BKA führt seit ihrem Start 1998 fast 700.000 Datensätze mit einem monatlichen Zuwachs von fast 10.000; sie gilt als eines der erfolgreichsten Instrumente der Verbrechensbekämpfung. Auch erlaubt die Genomanalyse eines In-vitro-Fertilisations-Embryos im 8-Zellstadium eine zuverlässige Geschlechtsbestimmung. Rechtlich und ethisch nicht unproblematisch ist bei dieser Präimplantationsdiagnostik (die in Deutschland derzeit verboten ist) die Möglichkeit der Geschlechtsselektion und den Nachweis von chromosomal gebundenen Erbkrankheiten. Im Blut der Mutter ist ab der 10. Schwangerschaftswoche eine molekulargenetische Frühdiagnostik möglich. – Längenveränderungen innerhalb kurzer repetitiver DNA-Sequenzen führen zur sog. Mikrosatelliteninstabilität (MSI) oder zum Einbau von falschen Basen („Mismatch“ von Adenin, Cytosin, Guanin oder Thymidin) in neu erstellte DNA-Stränge bei der Replikation. Da DNA in Tumoren häufiger repliziert wird als in anderen Zellen, kann durch Vergleich der DNA-Sequenzen (Mikrosatellitenmarkern) in einem Tumor mit DNA anderer Gewebe des gleichen Organismus eine derartige MSI nachgewiesen werden; das spricht für einen Gendefekt im DNA-Reparatursystem als Ursache oder Bedingung für die Krebsentwicklung. Ein solcher Gendefekt kann vererbt werden und verursacht so das Hereditäre Nicht-Polyposis-assoziierte Colon-Carcinom (HNPCC), das bereits vor dem 50. Lebensjahr manifest wird, im Unterschied zum nicht keimzell-gebundenen Colon-Carcinom, welches erst nach dem 60. Lebensjahr an Häufigkeit zunimmt. Auf diese Weise kann die häufigste Form des erblichen Darmkrebses in belasteten Familien frühzeitig erkannt werden. Auch ist durch Nachweis sog. Onkogene (z. B. K-RAS beim colo-rectalen Carcinom) das therapeutische Ansprechen auf eine zytostatische Therapie (getestet mit Panitumumab; Amado et al. 2007; oder Trastuzumab bei HER2-positivem Brustkrebs; Piccart-Gebhart et al. 2005) zu erfassen. Mittels Mikroarray-

Technik zur Mengenverteilung verschiedener Gene (MammaPrint® in USA von der FDA 2007 zugelassen) lassen sich schließlich auch prognostische Aussagen machen bezüglich der Wahrscheinlichkeit, ob Frauen mit Brustkrebs, die im Frühstadium operiert worden sind, innerhalb von 5 oder 10 Jahren ein Rezidiv entwickeln werden. Genetische Krankheitserforschung untersucht also die veränderten Moleküle der Erbsubstanz (DNA) und deren Auswirkung auf die Informationsüberträger mRNA und die Proteinsynthese. So lassen sich auch Risiken der Pharmakotherapie durch Veränderungen im Medikamentenabbau erkennen (z. B. 5-Fluorouracil-Toxizität auf das Knochenmark bei Single-Nucleotide-Polymorphismus). – Seine Ausführungen zusammenfassend stellte Rüschhoff fest, dass die rapide Expansion diagnostischer, therapeutischer und prognostischer Krankheitsforschung auf der Basis molekular-genetischer Untersuchungen nicht ohne Bio-, d. h. DNA-, Zell- und Gewebebanken möglich ist.

Über **Klinische Perspektiven: Nutzen der Bio-Datenbanken für Spender und Dritte gleichermaßen?** sprach **Prof. Dr. Cornelius Frömmel (Vorstandssprecher und Dekan der Universität Göttingen)**. Biobanken führen Proben von Geweben, Blut, Zellen oder DNA, d. h. die entschlüsselbare molekular-genetische Erbinformation und Angaben zur Gesundheits- und Krankengeschichte einschließlich Lebensstil, soweit medizinisch relevant (klinische und histopathologische Befunde, Daten und Therapien). Die Verfügbarkeit eines solchen Datenpools ermöglicht eine personenbezogene Dokumentation innerhalb der Institution und in Form einer *elektronischen Patientenakte* in der Hand des Urhebers. Mit der zunehmenden elektronischen Vernetzung von Arztpraxen, Kliniken und Krankenkassen und Versicherungen ist mittels des *Datenpasses* ein schneller Zugriff auf und eine rasche Übermittlung von Patientenvorgeschichten und -vorbefunden oder Angaben zur aktuellen Medikation möglich (z. B. vom Unfallort an eine anzusteuern Klinik). Auch werden individuelle Langzeitbeobachtungen von Krankheits- und Therapieverläufen erleichtert.

Mit der quantitativen und qualitativen *Gen-Analyse* eröffnet die molekulare Diagnostik Differenzierungen und Typisierungen spezieller Krankheiten (z. B. Tumore), die Beurteilung des Verlaufs von Krankheiten incl. des Wiederauftretens (Rezidive) und des Ansprechens auf das therapeutische Procedere (Erkennung von Respondern und Nonrespondern auf Medikamente). Sie verhilft damit zu einer *individualisierten Therapie*. Die derzeitige Pharmakotherapie stützt sich im Allgemeinen auf die Beobachtung, dass in einem Patientenkollektiv mit der klinisch gleichen Krankheit nicht alle Personen auf die verfügbaren Medikamente in gleicher Weise ansprechen. Abhängig vom Genotyp können dann Subkollektive ermittelt werden, die von vornherein eine Unwirksamkeit gegenüber bestimmten Medikamenten erwarten lassen oder auch unerwartete Nebenwirkungen bieten. Auf molekularer Ebene wird sich über die DNA-/mRNA-/

Protein-Synthesekette in Zukunft die Bereitstellung von Enzymen des Metabolismus von Pharmaka erkennen und therapeutisch beeinflussen lassen: sei es i. S. einer Hemmung eines zu raschen Abbaus oder der Beschleunigung von Stoffwechselschritten zur Wirksamkeitssteigerung oder der Elimination von Medikamenten.

Die Akkumulation und Synopsis (anamnestischer und aktueller) klinischer Daten wird die Diagnostik rationalisieren können, wenn Patienten mit nur mehr oder weniger spezifischen Krankheitszeichen die Praxis oder die Klinik aufsuchen; auch lassen sich Therapiestrategien aufgrund von Vorerfahrungen für den einzelnen Kranken festlegen.

Ein in Deutschland relativ neues Feld ist für manche internistischen Disziplinen als *Telemedizin* bereits technisch ausgereift aber noch nicht großflächig implementiert: z. B. die Tele-Kardiologie zur Fernüberwachung von Patienten mit wiederholt lebensbedrohlichen Herzrhythmusstörungen oder der Erfassung von Personen mit chronischer Herzinsuffizienz, deren EKG und Blutwerte (über Mobilfunk oder Internet) vom Kranken übertragen und in einem Referenzzentrum ausgewertet und im Informationsaustausch mit dem behandelnden (Haus-) Arzt abgesprochen werden können; der Patient kann auf diese Weise rasch Empfehlungen für akutes Handeln (Arztkontakt, Notarzt, Klinikeinweisung) erhalten. Ein solches „non-invasive home telemonitoring“ ermöglichte bereits 2005 eine signifikante Letalitätsreduktion bei Patienten mit schwerer chronischer Herzinsuffizienz über ½ und 1 Jahr der Überwachung im Vergleich zu konventioneller Betreuung durch direkten (sporadischen) Hausarzt- oder Klinikkontakt.

Eine weitere Funktion von Biobanken ist die Bewältigung der in erheblichem Maße zunehmenden numerischen und morphologischen, qualitativen und quantitativen Daten z. B. in der Intensiv- oder operativen Medizin zu diagnostischen, therapeutischen oder prognostischen Zwecken.

Große Bedeutung haben Biobanken bereits jetzt für die Erkennung von Dispositionen zu monogenetischen oder z. T. auch zu multifaktoriellen, genetisch mitbestimmten Krankheiten und damit auch für eventuell mögliche Präventionsstrategien oder für die Früh-Therapie vor der klinischen Manifestation oder von Komplikationen voraussagbarer Erkrankungen (z. B. Gefäßveränderungen incl. kardio- oder cerebrovaskulärer Krankheiten wie Herzinfarkt oder Schlaganfall infolge von Bluthochdruck). Hier sind *populationsbezogene Datenbanken* erforderlich. Die molekular-genetisch differenzierte Diagnostik von Tumoren (a) zur Früherkennung von mutierten Allelen von (zellwachstums-fördernden) Onkogenen oder (hemmenden, apoptose-fördernden) Suppressorgenen, die die Entwicklung von Tumoren beeinflussen, oder (b) zur Ermittlung der Therapierbarkeit und der Prognose eines bereits manifesten Tumors incl. Leukämien stützt sich auf *krankheitsbezogene Biobanken*. Dazu sind detaillierte technolo-

gische und biostatistisch hochaufwendige Methoden vorzuhalten: von der Aufbereitung von Gewebs- (Biopsie- oder Exzissat-) -proben zur Chromosomenaufspaltung in Einzelstränge der ursprünglichen Doppelhelix und Genanalysen über DNA-Sequenzierung, d. h. der Ermittlung der Nukleotid-Reihenfolgen in der Desox-Ribonuklein- (DNA) und Ribonukleinsäure (RNA). Die Gen-Aktivität wird (über verschiedene Verfahren der Messung der Genexpression) an der Konzentration der durch sie kodierten Messenger-RNA (mRNA) und/oder der unter der Wirkung ribosomaler RNA synthetisierten Proteine gemessen. Auf diesem Wege sind sog. Expressionsprofile, die für bestimmte Tumoren spezifisch sind, zu erkennen (z. B. bei Brustkrebs-Patientinnen das BRCA1 und -2). Derartige Expressionsprofile, die sich in gesunden und kranken Geweben unterscheiden, informieren dynamisch über die Art und die Menge der von ihnen kodierten mRNA-Moleküle in einer Zelle oder im Gewebe zu einem definierten Zeitpunkt oder über die Ko-expression verschiedener Genaktivitäten bei speziellen Formen der akuten lymphatischen Leukämie.

Die verschiedenen Techniken der Genexpressionsanalyse erlauben (im interindividuellen Datenvergleich von Personen mit klinisch und therapeutisch bekanntem Verlauf der zu untersuchenden Krankheit) eine „Parallelisierung“ der Diagnosen oder die Identifikation von Patienten, für die eine Standardtherapie eines Tumors zwecklos oder in Standarddosierung riskant ist (z. B. ist die o. g. 5-Fluorouracil-Toxizität für das Knochenmark stark erhöht bei einem bestimmten Einzel-Nukleotid-Polymorphismus). Ziel solcher Untersuchungen ist es auch, Patienten mit relativ guter Prognose in Zukunft weniger aggressiv zu behandeln als Patienten mit schlechter Prognose, die allenfalls von sehr hochdosierten Zytostatika profitieren. Auch ist eine Differenzierung phänotypisch gleicher Tumorgewebe in genotypisch unterschiedliche Subformen möglich.

Bei genetisch engster Verwandtschaft unter höheren Wirbeltieren oder unter den Menschen sind die über die genetisch gebundene Vererbung hinausgehenden epigenetischen (von der chromosomalen Genausstattung unabhängigen) Einflüsse für interindividuelle Unterschiede nicht zu vernachlässigen.

Die für die Vorsorgeuntersuchung auf Brustkrebs weithin empfohlene Mammographie wird heute durch die Bestimmung der Oestrogen- und Progesteron-Rezeptoren (zur Ermittlung des Ansprechens auf eine Antihormontherapie) und (bei familiärer Brustkrebs-Belastung) durch die Diagnostik der BRCA1- und -2-Gene ergänzt.

Auf der Basis Gen-/DNA-/RNA-molekularer Erkennung von krankheitsauslösenden Eiweißen („Target-Proteinen“) lassen sich heute Pharmaka entwickeln, die spezifisch in den Wirkungsmechanismus solcher Proteine eingreifen und auf diese Weise einen entzündlichen oder tumorösen, eventuell auch einen degenerativen Krankheitsverlauf aufhalten. So ist mit hochkomplexen technologischen und Bioinformationssystemen ein in der Zukunft zunehmendes indi-

viduelles Vorgehen in Diagnostik, Therapie und Prognose möglich. Solche Konzepte der „Eugnostik“ ermöglichen dem Arzt und dem Kranken, selbstbestimmt sich über höchst umfangreiche Daten zu informieren, auf sie gestützte Entscheidungen zu treffen und auch Dritten zur Verfügung zu stellen zum eigenen und gesellschaftlichen Nutzen.

Bei allem Optimismus ist jedoch das sich eröffnende Feld rechtlicher Zulässigkeit (privat-, versicherungs- und arbeitsrechtliche Konsequenzen, Datenschutz etc.) und der ethischen Fragen nicht aus den Augen zu verlieren. Zentraler Punkt dabei ist, dass die Patientin/der Patient (Bürgerin/Bürger) sich als Besitzer seiner Daten und Gewebe des Nutzens und der Gefahren angemessen bewusst ist und einen sensiblen Umgang von den „Bio-Bankern“ fordert und einen solchen Umgang mit den Daten selbst pflegt.

Prof. Dr. jur. Jochen Taupitz (Institut für Deutsches, Europäisches und Internationales Medizinrecht, Gesundheitsrecht und Bioethik der Universitäten Heidelberg und Mannheim) sprach über „**Rechtliche Regelungen zur Nutzung von Biobanken - national und international**“. Die wachsende wissenschaftliche und versorgungsmedizinische und nicht zuletzt die kommerzielle Bedeutung menschlicher Körpersubstanzen macht rechtliche Regelungen für die Spende, Beschaffung, Testung, Verarbeitung, Konservierung, Lagerung und Verteilung von menschlichen Geweben und Zellen dringend erforderlich – national und international. Bisher existieren nur wenige spezielle einschlägige Regelungen. So verpflichtet die EU-Geweberichtlinie RL 2004/23/EG des Europäischen Parlaments und des Rates (31.3.2004) auf Qualitäts- und Sicherheitsstandards für zur Verwendung beim Menschen bestimmte menschliche Gewebe und Zellen. Die Überwachung der Beschaffung und Verarbeitung i.w.S. wie die Einrichtung von Biobanken obliegt – wie die regelmäßigen Kontrollmaßnahmen – zuständigen nationalen Behörden der unterzeichneten Mitgliedstaaten. Auch muss sichergestellt werden, dass sämtliche Gewebe und Zellen, die beschafft, verarbeitet und therapeutisch verwandt werden, vom Spender zum Empfänger und umgekehrt zurückverfolgt werden können; so auch alle einschlägigen Daten über Proben und Materialien. Die genannte Richtlinie regelt auch die Ein- und Ausfuhr menschlicher Gewebe und Zellen. Schwerwiegende Zwischenfälle oder unerwünschte Reaktionen im Zusammenhang mit der Verwendung des biologischen Materials müssen gemeldet werden. Freiwillige und unentgeltliche Spenden von Geweben und Zellen unter konsentierter Einwilligung sind sicherzustellen. Datenschutz und Vertraulichkeit sind obligat.

Das Ministerkomitee des Europarates hat am 15.3.2006 eine Empfehlung über Forschung mit humanbiologischem Material angenommen, die sich mit der Gewinnung, Aufbewahrung und Verwendung entsprechenden Materials sowie den daraus gewonnenen Daten, die für die Gesundheitsforschung benutzt werden, befasst. Die Empfehlung enthält auch Bestimmungen zu Biobanken. Sie ist

jedoch recht unspezifisch (z. B.: Art. 10/2: „Information and consent or authorisation to obtain such materials should be as specific as possible with regard to any foreseen research uses and the choices available in that respect”).

Die Rechtslage in Deutschland bietet keine speziellen gesetzlichen Vorschriften und deswegen trotz Geltung allgemeiner Grundsätze des Medizinrechts viele Unsicherheiten. Sofern die Gewinnung entsprechenden Materials nicht für die unmittelbare Nutzung erfolgt, kann es in Biobanken aufbewahrt werden. Biobanken sind wissenschaftlich angelegte Sammlungen (seit Mitte der 90er Jahre) von Proben menschlicher Körpersubstanzen (Gewebe, Zellen, Blut, DNA), die für die Forschung und Therapie angelegt werden; flankiert werden sie von Daten zu familiären, demographischen und lebensstilbezogenen Informationen, Krankheitstypen und -verläufen (besonders für Tumorbanken) oder genetischen Daten.

Für die Gewinnung und den Umgang mit Körpersubstanzen gelten die ethischen Prinzipien und rechtlichen Rahmenbedingungen der Medizin und medizinischen Forschung (Menschenwürde, Selbstbestimmungsrecht, Freiwilligkeit, Gerechtigkeit, die Wahrung von Persönlichkeitsrechten, Datenschutz, Anonymisierung des Materials, das Bundesdatenschutzgesetz). Das Eigentumsrecht an den entnommenen Proben kann – anders als das zu achtende allgemeine Persönlichkeitsrecht – völlig an den Forscher übertragen werden. Sofern keine Übereignung erfolgt, ist die Verwendung rechtswidrig.

Unter Wahrung allgemeiner Persönlichkeitsrechte ist – vorausgesetzt, dass der Spender nicht Einspruch erhebt – aufgrund einer umfassenden Güter- und Interessenabwägung festzustellen, ob eine Maßnahme (Gewinnung und Verwendung) in concreto tatsächlich das Persönlichkeitsrecht in rechtswidriger Weise verletzt (Stellungnahme des Nationalen Ethikrates 2004/Abs. C2). Dabei ist auch die Forschungsfreiheit zu berücksichtigen, die vom Grundgesetz (Art. 5 Abs. 3 S. 1 und Art. 12 Abs. 1 S.1) geschützt ist.

Unterschiedliche Datenschutzgesetze in den Bundesländern und spezielle Krankenhaus- bzw. Gesundheitsdatenschutzgesetze und -verordnungen verunsichern einen überregionalen nationalen und internationalen Umgang. Allerdings kann das Datenschutzrecht auch herangezogen werden, um die Voraussetzungen bzw. die Reichweite einer zulässigen Weiterverwendung des biologischen Materials zu bestimmen. Denn von der Verwendung bereits vom Körper getrennten Materials gehen keine physischen Gefahren für den ursprünglichen Träger aus, sondern allenfalls informationelle Gefahren.

Für das Betreiben von Biobanken ergeben sich aus den allgemeinen rechtlichen Bestimmungen folgende Konsequenzen. Es gilt das Prinzip der Freiwilligkeit der Spende sowie, soweit möglich, der Anonymität der Zellen, Gewebe und Daten. Eine konkrete Einwilligung ist selbstverständlich für die Entnahme des Körpermaterials – ob diagnostisch oder therapeutisch oder primär für Forschungs-

zwecke – erforderlich. Auch für die wissenschaftliche Weiterverwendung von Körpermaterial, das für andere Zwecke (diagnostisch, therapeutisch) entnommen wurde, sollte stets die Einwilligung des Spenders vorliegen. Allerdings sollten die Spender einer Nutzung ihrer Proben und Daten auch für unbestimmte, erst in der Zukunft zu definierende Forschungsprogramme zustimmen können. Demgemäß sollten auch keine starren Fristen der Aufbewahrung und Nutzung festgelegt werden.

Eine Einwilligung in die Weiterverwendung ist verzichtbar bei vollständig anonymisierter Verwendung oder bei Verwendung pseudonymisierter Proben und Daten, sofern der Forscher keinen Zugang zum Code hat. In Anlehnung an das Datenschutzrecht ist ausnahmsweise eine Einwilligung auch dann entbehrlich, wenn das wissenschaftliche Interesse an der Durchführung der Forschung etwaige gegenläufige Interessen des Spenders wesentlich überwiegt und der Forschungszweck nicht auf andere Weise möglich und die Einwilligung bei zumutbarem Aufwand nicht einzuholen ist.

Die Weitergabe von Proben und Daten an Dritte ist grundsätzlich nur in anonymisierter oder codierter Form, die dem Empfänger keinen Zugriff auf den Code gewährt, zulässig. Sie muss nachvollziehbar dokumentiert werden. Dem Spender ist ein Widerrufsrecht gegen die Weitergabe von Proben oder Daten einzuräumen.

Die unverzichtbare Aufklärung sollte über Zwecke, Art, Umfang und Dauer der vorgesehenen Nutzung incl. vorgesehener genetischer Analysen, Umfang und Bedingungen einer möglichen Weitergabe von Proben und Daten, aber auch über die Möglichkeit des Widerrufs der Einwilligung und des Ausschlusses einer Rückmeldung von Forschungsergebnissen umfassen. Der Spender sollte auch über etwaige kommerzielle Perspektiven der vorgesehenen Forschung informiert und auf Fragen der Entschädigung, Bezahlung und Beteiligung Dritter hingewiesen werden.

Die Komplexität und die Reichweite der Entscheidung des Spenders bezüglich des Umganges mit Proben und Daten erfordert eine verständliche und ihm angemessene Aufklärung. Schließlich ist er auch über die Möglichkeit der Vereinbarung einer individuellen Rückmeldung von Untersuchungsergebnissen und über sich daraus ggf. ergebende Offenbarungspflichten (z. B. gegenüber Versicherungen oder Arbeitgebern) zu unterrichten.

Für die Entnahme des Materials zu Forschungszwecken, für die Verknüpfung der Proben mit personenbezogenen Daten, bei der Weitergabe an externe Forscher und bei Inanspruchnahme von Ausnahmetatbeständen ist die Zustimmung einer Ethikkommission erforderlich.

Zum Schutz des Spenders sollten alle an der Anlage und Nutzung von Biobanken Beteiligten der Schweigepflicht unterliegen. Sofern sie nicht bereits kraft Gesetzes besteht, sollte sie zumindest vertraglich auferlegt werden.

Ausgehend von der öffentlich noch wenig wahrgenommenen Zunahme der Nutzung von Teilen des menschlichen Körpers zu Forschungszwecken und Herstellung von Heilmitteln mit den aus solchen Geweben zu gewinnenden Einblicken in genetisch bedingte Krankheitsdispositionen des Spenders stellte **Prof. Dr. phil. Jan P. Beckmann (Institut für Philosophie der FernUniversität Hagen)** die philosophisch-ethische Problematik dieses wachsenden Zweiges medizinischer Forschung und kommerzieller Verwendung dar: **„Gewinnung und Verwendung menschlicher Zellen und Gewebe aus ethischer Sicht“**. Mit der Entschlüsselung genetischer Disposition (DNA-Analyse) können ohne Wissen und ohne Zustimmung des Betroffenen Informationen auf den Versicherungs- und den Arbeitsmarkt gelangen. Der erforderliche subtile genetische Datenschutz ist nicht allein eine Aufgabe des Rechts, des Gesetzgebers. Er ist Persönlichkeitsschutz des autonomie-basierten Selbstbestimmungsrechts, im hier gegebenen Zusammenhang des genetisch-informationellen Selbstbestimmungsrechts. Auf den Betroffenen selbst bezogen heißt es, dass er nicht gegen seinen Willen mit seinen eigenen genetischen Besonderheiten konfrontiert werden darf (Recht auf Nichtwissen) und nach außen hat er allein über die Gewinnung und Verwendung seiner genetischen Daten zu bestimmen. Der Rechtsschutz ist hier formaler Mantel der Achtung der Personwürde. Die rechtliche Verpflichtung der involvierten Ärzte und Forscher auf das informierte Einverständnis („informed consent“) muss hier über die sach- und situationsbezogene Aufklärung (über den medizinischen Eingriff) hinausgehen und über die Möglichkeiten der pseudo- oder anonymisierten Weitergabe und Verwendung des von ihm entnommenen Materials im Vorhinein informieren. Dabei muss bedacht werden, dass die genetische Information nicht nur den Gewebs-/Zell-DNA-Spender sondern auch dessen Blutsverwandte einschließlich der möglichen Nachkommen betrifft und auch deren Persönlichkeitsrechte berührt.

Im Rahmen der Verwendung von Zellen und Geweben zu Forschungszwecken oder zur Herstellung von medizinischen Produkten gewinnen diese den Charakter marktfähiger, bezahlbarer Ware. Der dem Menschen eigene Wert, in seinem Körper, seinem Leib die Bedingungen der Möglichkeit individueller menschlicher Existenz zu tragen, ist gefährdet, wenn er zum Gegenstand eigenen Kalküls oder der Kommerzialisierung Dritter wird. Das betrifft sein Selbstverständnis verantworteter Existenz.

Sollte es zu einer finanziell gewinnbringenden Kommerzialisierung (z. B. pharmazeutische Herstellung von Zell- oder Gewebeprodukten) kommen, so sollte der Ertrag verpflichtend z. B. einer gemeinnützigen Einrichtung solidarischer und subsidiärer Gesundheitsversorgung zufließen. Für bestmögliche Transparenz ist angesichts der sich sozial im mikroskopischen Bereich vollziehenden Nutzung der DNA, Zellen oder Gewebe (anders als im Bereich des Organhandels!) Sorge zu tragen. Geht es doch um den Einzelnen in der Gesellschaft. – Freiwilligkeit und Unentgeltlichkeit der Zell- und Gewebsspende bei gleich-

zeitiger Respektierung des konsequenten Schutzes individueller DNA, persönlicher Erbinformation, stellen die Eckpfeiler einer ethisch vertretbaren Gewinnung und Verwendung von Zellen und Geweben des menschlichen Körpers in entsprechenden Biobanken zu Forschungs-, Entwicklungs- und Therapie-zwecken dar.

Es wurde in Beckmanns Vortrag überaus deutlich, wie sehr die Verfügbarkeit und Nutzbarkeit mikroskopischen Materials vom menschlichen Körper über die biologischen Grundlagenprobleme und das Erfordernis rechtlichen Umgangs hinaus die ethische Reflexion unseres menschlichen Selbstverständnisses als verantwortliche Individuen in der und für die Gesellschaft voraussetzt.

Die Vielschichtigkeit der Frage „Genetische Daten als Ware?“ – von der molekularbiologischen Grundlagenforschung zu der heute bereits möglichen, in Zukunft aber wachsenden klinischen Anwendung und der über die individuelle Nutzung hinausgehenden Instrumentalisierung und Kommerzialisierung menschlichen Materials zu den nationalen und internationalen rechtlichen Regelungen und den ethischen Implikationen unserer (mit-)menschlichen Personhaftigkeit und Menschenwürde – zu Bewusstsein zu bringen, war das Anliegen dieses öffentlichen, interdisziplinären Symposiums. Ein Beitrag zum Dialog zwischen Wissenschaft und Gesellschaft.

Plenarversammlungen

Wieviel Wind braucht ein Gloria?*

– Physik macht Musik –

UDO PEIL

Försterkamp 9, D-38302 Wolfenbüttel



Wie viel Wind braucht ein Gloria? Eine wichtige Frage, insbesondere in den Tagen, als eine Orgel nicht wie heute mit einem Gebläse betrieben wurde, sondern über Blasebälge, die von Kalkanten getreten wurden: Beim Gloria, bei dem das volle Orgelwerk spielt, muss dann schon kräftig getreten werden.

Was geschieht, wenn der Organist eine Taste drückt? Dieser Frage wird im Vortrag auf experimentelle und anschauliche Weise nachgegangen. Zunächst werden die sog. Naturtöne als Eigenfrequenzen einer frei schwingenden Saite erläutert und demonstriert. Es zeigt sich, dass sie in festen Zahlenverhältnissen zueinander stehen, was u. a. dazu beiträgt, dass unser Tonsystem unrein wird. Die vielen Versuche in der Vergangenheit, diese Unreinheit zu beseitigen, werden erläutert, wie z. B. die Werkmeister-, wohltemperierte oder mitteltönige Stimmung.

* Kurzfassung des am 19.01.2008 vor der Plenarversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehaltenen Vortrags.

Die vielen Naturtöne einer Saite, meist als Grund- und Oberton bezeichnet, sind für die Klangfarbe des Tones verantwortlich und sie klingen i. a. gemeinsam. Die gleichzeitig klingenden Grund- und Obertöne lassen sich mit Hilfe einer Fast Fourier Transformation leicht erkennen- und interpretierbar darstellen. Unser Gehirn trennt aber die verschiedenen Obertöne nicht mehr (damit wäre es vermutlich auch überfordert), sondern vermittelt uns den integralen Eindruck eines Klangs. Je nach Art der Mischung der Obertöne ergeben sich unterschiedliche Klangfarben, wie mit Hilfe eines Synthesizers deutlich gemacht wird.

Die Entstehung von Tönen in einem Blasinstrument, als z. B. einer Orgelpfeife, wird anschließend behandelt. Eine am Ende eines Rohrs erzeugte Wellenfront läuft durch das Rohr und wird am offenen Ende teilweise reflektiert. Durch Superposition der hin- und zurücklaufenden Wellen bilden sich stehende Wellen, aus deren Längen sich die jeweilige Tonhöhe ergibt.

Wie eine Schaukel durch kontinuierliches, leichtes Anstoßen im Schwingen gehalten wird, muss auch die stehende Welle durch kontinuierliches Anstoßen, d. h. durch Energiezufuhr erhalten werden, damit ein klingender Ton entsteht. Die akustische Schaukel, die das leistet, ist das sog. Luftblatt, das durch den Kernspalt der Pfeife geblasen wird und (bei einer Labialpfeife) auf das Labium trifft, wie man es von einer Blockflöte her kennt. Das Luftblatt pendelt um das Labium und erzeugt dadurch einen sog. Schneidenton, ein Effekt, der vom Anblasen eines harten Grashalms zwischen beiden Daumen bekannt ist. Dieser Scheidenton entspricht aber nicht der Tonhöhe, der zur Pfeifenlänge, d. h. zur Wellenlänge der sich bildenden stehenden Welle gehört. Die akustische Schaukel würde also nicht im passenden Rhythmus angestoßen.

Das zeitliche richtige Anstoßen der Schwingung wird durch einen Rückkopplungseffekt hervorgerufen: Bedingt durch den kontinuierlichen Wechsel zwischen Überdruck und Unterdruck der stehenden Welle im Bereich der Labiumsöffnung des Pfeifenrohrs wird das Luftblatt rückgekoppelt bewegt: Wenn die stehende Welle gerade Unterdruck aufweist, wird das Luftblatt in die Pfeife hineingesogen, bei Überdruck herausgedrückt. Hierdurch wird die akustische Schaukel immer genau im richtigen Moment angestoßen, ein klingender Ton entsteht.

Bei den Zungenpfeifen ist der Mechanismus im Grunde identisch, es wird hier aber kein unsichtbares Luftblatt bewegt, sondern ein Blatt, i. a. aus Metall, eine sog. Zunge. Identische Tonerzeugungsprinzipien weisen auch die sog. Rohrblattinstrumente Klarinette, Oboe und Fagott auf.

Mit Hilfe von Klangbeispielen werden anschließend die verschiedenen Pfeifen(klang)register vorgestellt. Die Labialpfeifen weisen ein vergleichsweise geringes Obertonspektrum auf, es sind also nur wenige Obertöne beteiligt, bei Zungenpfeifen ist es umgekehrt, daher der helle, oft schnarrende Klang.

Aber wie gelingt es, mit einer Taste eine so große Zahl von Pfeifen anzusprechen? Bei der Orgel in St. Stephan in Passau bedient eine Taste 231 Pfeifen, die in sog. (Klang)registern geordnet werden, ermöglicht durch eine matrixartige Konstruktion. Alle Pfeifen eines Tones (zugeordnet zu einer Taste) stehen hintereinander auf einer sog. Ton-Kanzelle, einem langen rechteckigen Kasten. Dieser Kasten enthält ein Ventil, das mit der zugehörigen Taste verbunden ist. Wird die Taste gedrückt, strömt der Wind (die Luft) in die Tonkanzelle, und alle Pfeifen dieser Taste (d. h. einer Tonhöhe) klingen gleichzeitig. Um einzelne Pfeifen ausschalten zu können, wird bei ihnen die Verbindung mit den jeweiligen Tonkanzellen aller Töne (aller Tasten) durch eine sog. Schleife getrennt. Der Mechanismus wird Schleiflade genannt.

Erläuterungen der Winderzeugung, früher mit Blasebälge tretenden Kalkanten, heute über ein Gebläse mit Windkessel, runden den Vortrag ab.

Schlußwort des Generalsekretärs zur Neujahrssitzung der BWG am 19. Januar 2008

Wieviel Wind braucht ein Gloria, meine sehr verehrten Damen und Herren? Herr Peil hat uns diese Frage soeben zur Fülle der faszinierenden Details seiner Antwort gerundet und damit, wie wir es von ihm wohl erwarten durften, geistvoll vom Geist gesprochen. Denn nach ältester Tradition *ist* der Wind bereits Geist, *Ruach, anemos, pneuma, spiritus* – auch die *psychê*, die Seele, die der Mensch sterbend aushaucht. Und das *Gloria in excelsis Deo et in terra pax*, Ehre sei Gott in der Höhe und Friede auf Erden – wie wir es auch in diesem Jahr wieder vergeblich, aber nicht entmutigt hoffen werden –, dies *Gloria* wurde erstmals in jenem 9. Jahrhundert gesungen, von dem an das ganze fränkische Reich in der Messe auch das *Credo* sang mit der Wendung *Filioque: Et in Spiritum sanctum [...] qui de Patre Filioque procedit*, der ausgeht vom Vater und dem Sohn. Das ist der Einschub in das ursprüngliche *Credo*, über dem die dogmatische Einheit der östlichen, orthodoxen, und der westlichen Kirche zerbrach.

Wen interessiert dies heute noch außer Dogmatikern und Kirchengeschichtlern? Die Antwort mag überraschen: eine Philosophie, die die Geschichte der Technik bedenkt (und das ist die Geschichte der westlichen Kultur), indem sie Hegels Erinnerung ernstnimmt, die Philosophie, die „ihre Zeit in Gedanken *erfaßt*“ ist, erscheine erst, „nachdem die Wirklichkeit ihren Bildungsprozeß vollendet und sich fertig gemacht hat.“ Wenn auf dem Höhepunkt der Renaissance – im Jahrhundert der Erfindung der Zentralperspektive – Nikolaus von Kues die Dreifaltigkeit als den logischen Grund des sich in seiner mathematischen Welt anschauenden Geistes denken wird, dann gründet er sein Denken genau im *Filioque*, d. h. im Geist als dem *nexus*, der reinen Beziehung.

Als *reine* Beziehung ist sie diejenige Beziehung, die die Bezogenen allererst zu dem macht, was sie sind – es ist die produktive Beziehung, wie sie sich im Ausgang des neuzeitlichen Denkens darstellt als die *Konstruktion* der Welt. Ihre ästhetische Repräsentation hat diese Konstruktion an einer im 18. Jahrhundert zur Vollkommenheit reifenden Musik, die ohne sprachliches Korrelat in Sonaten, Kammermusik, Sinfonien nichts anderes mehr zu Gehör bringt als reine Beziehungen. So erfüllt sie die Leibnizsche Einsicht, die Musik entzücke uns durch die Übereinstimmung der Zahlen (*convenances des nombres*), die die Seele beim Hören so unbewußt wie beständig errechne.

Leibniz steht damit in der ehrwürdigen Tradition der *Artes liberales*, der „freien Künste“, die neben der Arithmetik, der Geometrie und der Astronomie als mathematische Disziplin stets auch die Musik zu ihrem Quadrivium zählten. Das

so an den Universitäten gelehrte Wissen weist damit zurück bis ins 6. vorchristliche Jahrhundert, in dessen geradezu explosivem wissenschaftlichen Aufbruch die Pythagoreer zuerst die Musik begriffen als klingende Mathematik.

Wieviel Wind braucht ein *Gloria*? Seit den Griechen sprechen wir, gewiß längst in einem spezifizierten Sinn, von „Musik“ und abbreviieren damit die ursprüngliche griechische Bezeichnung: *moysikê technê*: Das Schöne ist technisch von Anfang an.

In diesem nachdenklichen Sinn wünsche ich Ihnen ein gutes Jahr 2008 – ein Jahr auch harmonischer Gespräche, wie es diejenigen sein mögen, zu denen ich Sie jetzt in die Räume unsrer Wissenschaftlichen Gesellschaft einladen darf.

Die Geburt der Medientheorie aus dem Geist der Propaganda: Entstehungskontexte der Medienforschung in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts*

UTE DANIEL

Wendenmaschstraße 7, 38100 Braunschweig

Literatur

„Die Geburt der Medientheorie aus dem Geist der Propaganda: Entstehungskontexte der Medienforschung in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts“, in: JÜRGEN REULECKE & VOLKER ROELCKE (Hg.): Wissenschaften im 20. Jahrhundert: Universitäten in der modernen Wissensgesellschaft. Stuttgart 2008, S. 55-77.

„Suggestive Experten: Zur Etablierung der US-amerikanischen Medienforschung in den 1930-1950er Jahren“, in: Berichte zur Wissenschaftsgeschichte 30, 2007, H. 3, S. 183-198.

* Literaturhinweise zu dem am 08.02.2008 gehaltenen Vortrag vor der Plenarversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft.

Energiespeicher für die Speisung des elektrischen Verbundnetzes aus natürlichen Quellen*

WERNER LEONHARD

Am Schiefen Berg 54, D-38301 Wolfenbüttel

Literatur

LEONHARD, W. (2008): Energiespeicher – eine Voraussetzung für die Integration natürlicher Energiequellen in das elektronische Verbundnetz VGB-PowerTech, Heft 8, S. 32-37.

LEONHARD, W. & A. WENZEL (2007): Flauten, Orkane und eine verfehlte Energiepolitik – wie soll das elektrische Netz das richten? ew Dossier Jg. 106, Heft 7, S. 52-57.

* Literaturhinweise zu dem am 14.03.2008 gehaltenen Vortrag vor der Plenarversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft.

Die Liberalisierung und Deregulierung der Strom- und Gasversorgung: Eine Reform vor der Entgleisung?*

GUNTHER KÜHNE

Institut für deutsches und internationales Berg- und Energierecht,
Technische Universität Clausthal, Arnold-Sommerfeld-Str. 6,
D-38678 Clausthal-Zellerfeld

I. Einleitung

Über die vergangenen gut 10 Jahre hinweg haben wir sowohl auf europäischer als auch auf deutscher Ebene eine sich stetig beschleunigende Abfolge immer neuer Gesetzgebungsakte und sonstiger Regelungen für die leitungsgebundene Energieversorgung, d.h. für die Strom- und Gasversorgung, durchlaufen: in *Europa* die 1. Generation der europäischen Binnenmarkt-Richtlinien für Strom (1996)¹ und für Gas (1998)² und sodann die 2. Generation vom Juni 2003 für Strom und für Gas³. Die 3. Generation, auch als 3. Liberalisierungspaket bezeichnet, befindet sich bereits im Endstadium der Beratungen und soll in der 1. Jahreshälfte 2009 endgültig verabschiedet werden. In *Deutschland* sind es das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) 1998⁴, dessen kurzlebige und fehlgeschlagene Novellierung von 2003⁵, sodann das neue – und jetzt noch geltende – EnWG 2005⁶ sowie inzwischen eine Fülle von Rechtsverordnungen – jeweils getrennt für Strom und Gas: Netzanschlußverordnungen, Netzzugangsverordnungen, Netzentgeltverordnungen, neuestens darunter die am 01.01.2009 wirksam gewordene Anreizregulierungsverordnung⁷, um nur die bekanntesten

* Überarbeitete und durch Fußnoten ergänzte Fassung des am 12.07.2008 vor der Plenarversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehaltenen Vortrages.

¹ Amtsblatt (ABl.) Nr. L 27 v. 30.01.1997, S. 20 ff.

² ABl. Nr. L 204 v. 21.07.1998, S. 1 ff.

³ ABl. Nr. L 176 v. 15.07.2003, S. 37 ff.(Strom); ABl. Nr. L 176 v. 15.07.2003, S. 57 ff. (Gas). Inoffiziell werden die beiden Richtlinien auch als „Beschleunigungsrichtlinien“ bezeichnet.

⁴ Bundesgesetzblatt (BGBl.) 1998 I, S. 730. Siehe dazu: *Kühne/Scholtka*, Neue Juristische Wochenschrift (NJW) 1998, 1902 ff.

⁵ BGBl. 2003 I S. 686; dazu *Kühne/Brodowski*, Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht (NVwZ) 2003, S. 769 ff.

⁶ BGBl. 2005 I S. 1970; dazu *Kühne/Brodowski*, NVwZ 2005, S. 849 ff.

⁷ Vgl. unten Fn. 29 und den dazugehörigen Text.

zu nennen. Um Sinn oder auch Unsinn all dieser Regelungen, die in ihrer Gesamtheit das ausmachen, was man den rechtlichen Ordnungsrahmen der leitungsgebundenen Energiewirtschaft nennt, zu erfassen, muß man sich vorab die Grundfrage stellen: Bedarf es für die Strom- und Gasversorgung überhaupt eines eigenständigen rechtlichen Ordnungsrahmens und wenn ja, aus welchem Grunde? Was unterscheidet Produktion, Transport und Vertrieb von Strom und Gas von der Herstellung, dem Transport und dem Vertrieb anderer Waren wie etwa Zahnpasta, Kinderspielzeug, Möbel, Maschinen? Hier gibt es ja auch keinen eigenständigen rechtlichen Ordnungsrahmen, den man Zahnpasta- oder Möbelrecht nennen könnte.

Vertrieb und Transport von Waren unterstehen üblicherweise dem allgemeinen rechtlichen Ordnungsrahmen. Dessen Mittelpunkt bildet das allgemeine Vertragsrecht einschließlich des Kauf- und Werkvertragsrechts des Bürgerlichen Gesetzbuches (BGB) mit seinen Spezialausprägungen im Handelsgesetzbuch (HGB). Hier kommt dem Grundsatz der Privatautonomie (Vertragsfreiheit) maßgebende Bedeutung zu. Die Sicherung des für unser Wirtschaftssystem prägenden, auch verfassungsrechtlich verankerten⁸ Wettbewerbsprinzips gegenüber Verfälschungen und Mißbräuchen seitens der Marktteilnehmer ist die Aufgabe des Kartellrechts und der mit dessen Anwendung betrauten Kartellbehörden. Welche Gründe sind es dann, die für die Herausbildung eines eigenen Energie(wirtschafts)rechts verantwortlich sind?

II. Besonderheiten der Strom- und Gasversorgung

Gegenüber der Versorgung der Bürger mit den meisten übrigen Waren unterliegt die Versorgung mit Strom und Gas zwei Besonderheiten: der *Gemeinwohlbezogenheit* und der *Leitungsgebundenheit*.

- Strom- und Gasversorgung sind in *besonderer Weise gemeinwohlbezogen*. Eine sichere, preisgünstige und – in neuerer Zeit auch – umweltverträgliche Versorgung der Privathaushalte und Unternehmen mit Strom und Gas gehört zu den Grundvoraussetzungen eines funktionierenden Gemeinwesens, für deren Vorhandensein den Staat jedenfalls eine Gewährleistungsverantwortung trifft⁹, was die Frage der Art der Wahrnehmung dieser Aufgabe im einzelnen noch

⁸ Über das Grundrecht der freien Entfaltung der Persönlichkeit (Art. 2 Abs. 1 GG), dessen Schutzbereich nicht nur den persönlichen Lebensbereich, sondern auch die wirtschaftliche Betätigung umfaßt, so das BVerfG in ständiger Rechtsprechung, vgl. z.B. BVerfGE 25, 371 ff. (407).

⁹ Vgl. statt vieler: Ehlers/Pünder, in: Achterberg/Püttner/Württenberger (Hrsg.), *Besonderes Verwaltungsrecht*, Bd. I, 2. Aufl. 2000, § 4 Rdnr. 11.

offen läßt. Das BVerfG hat in ständiger Rechtsprechung die Sicherung der Energieversorgung als „Gemeinschaftsinteresse höchsten Ranges“ bezeichnet¹⁰.

- Was die *Leitungsgebundenheit* angeht, so bezeichnet dieser Begriff die technisch-physikalische Tatsache, daß die Strom- und die Gasversorgung nur über Leitungen erfolgen können. Dies führt innerhalb der Wertschöpfungskette Produktion – Transport – Vertrieb auf der Transportstufe zu einer ökonomischen Anomalie: Während wir bei der Versorgung mit Gütern und Dienstleistungen im allgemeinen davon ausgehen, daß diese Funktion am besten, d.h. effizientesten und preisgünstigsten, über möglichst viele Angebotswettbewerber wahrgenommen wird, gilt diese Annahme bei solchen Transportleitungen nicht: Es wäre ökonomisch unsinnig, wenn alle Anbieter von Strom und Gas konkurrierende Leitungssysteme zu bauen und zu unterhalten hätten, von den ökologischen Folgen einmal ganz abgesehen. Die optimale Funktionserfüllung erfolgt hier gerade im Monopol. Deswegen nennt man solche Leitungssysteme auch sog. natürliche Monopole¹¹, deren Ausübung durch staatliche Regelungen gemeinwohlverträglich gemacht werden muß.

III. Die überkommene Monopolstruktur, insbesondere in Deutschland (Energiewirtschaftsgesetz 1935)

Diese beiden Grundgegebenheiten – Gemeinwohlbezogenheit, Leitungsgebundenheit – haben traditionell den Ordnungsrahmen der Strom- und Gasversorgung nicht nur in Deutschland auf allen Wertschöpfungsstufen der Versorgungskette (Produktion/Import, Transport, Vertrieb) geprägt.

In *Deutschland* ist der Aspekt der Gemeinwohlbezogenheit durch das EnWG 1935 abgearbeitet worden: Dem Staat wurden danach umfangreiche Genehmigungsvorbehalte, so z.B. für die Aufnahme der öffentlichen Energieversorgung, ferner Untersagungsbefugnisse bei gemeinwohlunverträglichen Investitionen oder Stilllegungen sowie bei Nicht- oder Schlechterfüllung der Versorgungsaufgabe zuerkannt. Obwohl das EnWG 1935 auf der Monopolstruktur der Versorgungswirtschaft beruhte, wurde der Aspekt des Leitungsmonopols instrumentell auf andere Weise abgearbeitet: Und zwar über zwei Arten vertraglicher Konstruktionen, die *Konzessions-* und die *Demarkationsverträge*. Über *Konzessionsverträge* liessen sich Versorgungsunternehmen von Gemeinden das *ausschließliche* Recht zur Verlegung und Unterhaltung von Versorgungslei-

¹⁰ BVerfGE 30, 292 ff. (323 f.); vgl. auch BVerfGE 66, 248 ff. (258).

¹¹ Vgl. dazu *Theobald/Theobald*, Grundzüge des Energiewirtschaftsrechts, 2. Aufl. 2008, S. 15 ff.

tungen unter öffentlichen Straßen und Plätzen einräumen. Über *Demarkationsverträge* verpflichteten sich Versorgungsunternehmen wechselseitig, im Gebiet des jeweils anderen Unternehmens eine Versorgungstätigkeit zu unterlassen. Diese Vertragspraxis war 1958 mit dem Inkrafttreten des Kartellgesetzes problematisch geworden, da diese Vertragsarten eindeutig Verstöße gegen das Kartellverbot darstellten. Man löste seinerzeit das Problem durch eine Ausnahmenvorschrift im Kartellgesetz¹². So war Deutschland im 20. Jahrhundert über Jahrzehnte von einem Gitternetz von lokalen und teilweise regionalen Versorgungsmonopolen über alle Wertschöpfungsstufen der Versorgungstätigkeit hinweg überzogen¹³.

In anderen Ländern herrschte ebenfalls die Monopolstruktur, wenn auch in anderer Form wie z.B. in *Frankreich* und *Italien*, wo durch Gesetz staatliche Monopolgeseellschaften mit der Versorgungsaufgabe betraut wurden.

IV. Historische Entwicklung der Liberalisierungsbewegung seit den 80er Jahren des 20. Jahrhunderts

Wie kam es nun zur Öffnung der Energiemärkte für den Wettbewerb und damit zur Veränderung eines über Jahrzehnte eingespielten Ordnungsrahmens? Verantwortlich hierfür war ein Zusammenspiel wirtschaftspolitischer sowie industrie- und europapolitischer Gesichtspunkte nicht nur im Energiesektor, sondern bei allen netzgebundenen Wirtschaftszweigen.

1. Nach den wirtschaftlich schwierigen 70er Jahren (Ölkrise!) waren zu Beginn der 80er Jahre in den USA und Großbritannien Kräfte an die Regierung gekommen – personifiziert durch Ronald Reagan und Margaret Thatcher –, die sich von der Öffnung der sog. regulierten Wirtschaftsbereiche die *Hebung volkswirtschaftlicher Effizienzen* versprachen und diese Auffassung auch durch wettbewerbsfördernde Deregulierungspolitik in die Tat umsetzten. Diese Entwicklungen kamen der Europäischen Kommission gerade recht, als sie sich ihrerseits Mitte der 80er Jahre im Zeichen der Politik der Vollendung des Binnenmarktes – Gemeinsame Europäische Akte 1986 – die Wirtschaftsbereiche vornahm, die nicht nur innerstaatlich monopolistisch strukturiert und reguliert, sondern auch zwischenstaatlich gegeneinander abgeschottet waren und so das genaue Gegenteil eines europäischen Binnenmarktes darstellten.

2. *Industriepolitisch* kam ferner hinzu, daß die globale Wettbewerbsfähigkeit der *europäischen Industrie* als Folge der Einführung von Wettbewerb im Strom-

¹² § 103 des Gesetzes gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB, Kartellgesetz).

¹³ Vgl. dazu *Theobald/Theobald*, aaO. (Fn. 11), S. 30 f.

und Gasbereich gestärkt werden sollte. Dies galt in besonderem Maße für Deutschland, wo die Energiepreise als verhältnismäßig hoch und damit für Industrieansiedlungen abschreckend galten. Bekannt geworden waren insbesondere Klagen von BASF bei der EG-Kommission, daß das Unternehmen durch das deutsche System der Gebietsmonopole gezwungen war, die hohen Strompreise seines Gebietsversorgers RWE zu bezahlen und statt dessen nicht die Möglichkeit hatte, billigeren Atomstrom aus Frankreich zu beziehen¹⁴. Die Beschwerden von BASF hatten durchaus greifbaren juristischen Hintergrund. Hierzu muß man wissen, daß das europäische Kartellrecht im EG-Vertrag, das bei grenzüberschreitenden Wettbewerbsbeschränkungen zur Anwendung kommt, anders als das deutsche Recht nie eine Ausnahmenvorschrift zugunsten der Strom- und Gaswirtschaft gekannt hat¹⁵.

Bei Betrachtung der Liberalisierungs- und Deregulierungsbestrebungen ist schließlich zu beachten, daß die Versorgungswirtschaft nur ein Glied innerhalb des Geleitzuges der *Liberalisierungsbestrebungen in allen netzgebundenen Infrastrukturwirtschaftszweigen*¹⁶ bildet. Hierzu gehören die Post, die Telekommunikation, die Eisenbahnen und die Wasserversorgung. Die EU-Kommission hat auf den meisten dieser Gebiete seit den frühen 90er Jahren in Schüben von Richtlinien Liberalisierungsreformen in Gang gesetzt. Dabei nimmt der Energiesektor eine Mittelposition ein. Am weitesten vorangeschritten ist die Umgestaltung bei der Telekommunikation. Schlußlicht der Entwicklung ist die Wasserversorgung, wo die Ansätze der Kommission bisher nicht zu Ergebnissen geführt haben. Der Ordnungsrahmen der Wasserversorgung ist nach wie vor durch „wasserdichte“ Gebietsmonopole geprägt. Hintergrund dieses Zurückhängens ist vor allem die alles beherrschende Sorge, daß durch Einführung von Wettbewerb in der Wasserversorgung die Trinkwasserqualität leiden könnte. Ungeachtet des unterschiedlichen Entwicklungsstandes der Liberalisierungsbewegung in den einzelnen Netzwirtschaftssektoren ist bei dessen Betrachtung immer der Querblick zu den anderen Bereichen erforderlich. Es ist kein verwaltungstechnischer Zufall, daß inzwischen in Gestalt der Bundesnetzagentur eine Behörde existiert, welche die Zuständigkeiten für Strom und Gas, Post, Telekommunikation und Eisenbahn in sich vereinigt. Und auch innerhalb der deutschen Reformbestrebungen ist diese Quersicht schon früh vorhanden gewesen, wenn man etwa an die Vorschläge der Deregulierungskommission aus den 90er Jahren denkt, die ebenfalls auf eine Liberalisierung und Deregulierung nicht

¹⁴ Aus der deutschen Stromerzeugungsperspektive war damals eine „Überflutung“ Deutschlands mit französischem Strom befürchtet worden, vgl. B. Börner, Frankreichstrom nach Deutschland ?, 1990.

¹⁵ Die Art. 81, 82 EG-Vertrag sind grundsätzlich auf alle Wirtschaftszweige anwendbar.

¹⁶ Vgl. dazu Theobald/Theobald, aaO. (Fn. 11), S. 17 ff., 20 ff.

nur des Energiesektors, sondern auch anderer monopolistisch organisierter Wirtschaftszweige abzielten. Bei einer solchen Querbetrachtung ist allerdings Vorsicht geboten. Eine undifferenzierte Kopierung von Entwicklungen in den einzelnen Sektoren untereinander kann zu Enttäuschungen und Verzerrungen führen¹⁷.

V. Die Periode der 1. Generation der Binnenmarkt-Richtlinien Strom (1996) und Gas (1998): Der Netzzugang als Kartellrechtsproblem

Mit der 1. EU-Richtliniengeneration 1996 (Strom) und 1998 (Gas) traten die Reformbestrebungen in das Stadium rechtlicher Verbindlichmachung für die EU-Mitgliedstaaten ein. Diese 1. Generation der Richtlinien war – wie es eigentlich die Bestimmung von Richtlinien ist – offen und flexibel angelegt. Den Mitgliedstaaten wurden Ziele vorgegeben, bei der Wahl der Instrumente innerhalb ihrer eigenen Wirtschaftsrechtsordnungen jedoch verhältnismäßig weiter Spielraum gelassen: Verbindliche Vorgabe nur stufenweiser und unvollständiger Marktöffnung, alternative Zulassung des regulierten und des verhandelten Netzzugangs, verbindliche Vorgabe nur der rechnungslegungsmäßigen Entbündelung der wettbewerblichen Wertschöpfungsstufen (Produktion, Vertrieb) vom Transport-(Leitungs-)Monopol¹⁸. Vor welchen Grundfragen stand nun der deutsche Gesetzgeber im Jahre 1998 bei der Umsetzung der Richtlinienvorgaben in deutsches Recht?

1. Es war klar, daß die rechtliche Absicherung der Monopole – kartellrechtliche Freistellung der Konzessions- und Demarkationsverträge (§§ 103 ff. GWB) – aufgehoben werden mußte.
2. Ungeachtet der Aufhebung der rechtlichen Absicherung des Leitungsmonopols besteht dieses jedoch als sog. natürliches Monopol weiter. Seine Auflösung über das Entstehen konkurrierender Leitungssysteme ist auch zu keinem Zeitpunkt zu erwarten gewesen. Wohl sind einzelne Stichleitungen zu lukrativen (Industrie-) Abnehmern denkbar. Auch hat schon in den 90er Jahren Wintershall in Konkurrenz zu Ruhrgas eine eigene Gasfernleitung gebaut. Insgesamt gesehen war und ist mit einem Abbau des natürlichen Leitungsmonopols im Strom- und Gasmarkt jedoch nicht zu rechnen, auch nicht durch technische Entwicklungen. Genau dies ist der Unterschied zum Telekom-

¹⁷ Der 66. Deutsche Juristentag hat im Jahre 2006 den Gesetzgeber aufgefordert, eine übergreifende Regelung des Regulierungsverwaltungsrechts in Angriff zu nehmen, vgl. den Tagungsbericht in JZ 2007, 230 ff. (238).

¹⁸ Vgl. dazu *Theobald/Theobald*, aaO. (Fn. 11), S. 49 ff. (Strom), 54 f. (Gas).

munikationsbereich. Parallel zu den Liberalisierungsbestrebungen ist dort das natürliche Netzmonopol durch technische Entwicklungen (Mobilfunk) überwunden worden. Die Vorstellungen, auch im Energiebereich könnten sich Preissenkungen wie im Telekommunikationsbereich ergeben, beruhen z.T. auf der Verkenntung dieses Unterschieds.

3. Das vom Gesetzgeber zu lösende *Kardinalproblem* war und ist das des *Netzzugangs* konkurrierender Strom-/Gasanbieter zu dem einen Monopolnetz, da solche Anbieter nur über dieses Netz an Abnehmer herankommen. Die Lösung der Zugangsfrage erfordert eine Trennung der Stufen der Wertschöpfungskette in die Wettbewerbsbereiche Erzeugung und Vertrieb einerseits und den unentrinnbaren Leitungsmonopolbereich andererseits. Wettbewerb hat nur dann Sinn, wenn er unverfälscht und unverzerrt ist. Gerade dies ist allerdings bei der überkommenen vertikal integrierten Unternehmensstruktur der Versorgungswirtschaft nicht gewährleistet: Sie vereinigt in sich die Wettbewerbsbereiche und den Monopolbereich der Leitung. Die Gefahr, daß diese Unternehmen ihren Leitungsflaschenhals zur Bevorzugung der eigenen Wettbewerbsbereiche unter Diskriminierung von Konkurrenten nutzen, ist sehr groß. Der Gesetzgeber muß daher Instrumente zur Erzwingung eines diskriminierungsfreien Netzzugangs von Lieferkonkurrenten entwickeln und vorhalten. Zur Gewährleistung eines solchen diskriminierungsfreien Netzzugangs für konkurrierende Strom- und Gaslieferanten gibt es grundsätzlich zwei Wege, die in den Binnenmarkt-Richtlinien 1996/1998 bereits vorgezeichnet sind:

- Man kann den am Netzzugang Beteiligten dessen Aushandlung nach den Regeln des bürgerlichen Vertragsrechts überlassen¹⁹ und eventuelles mißbräuchliches Verhalten des Netzbetreibers (Zugangsverweigerung oder Zugangsgewährung nur zu unangemessenen Bedingungen) mit den Mitteln des *Kartellrechts* unter dem Stichwort „Mißbräuchliche Ausnutzung einer marktbeherrschenden Stellung“ – ein Monopol ist der klarste Fall einer solchen – bekämpfen (sog. verhandelter Netzzugang). § 19 Abs. 4, insbesondere Nr. 4, GWB enthält dafür die Grundlage.

- Als Alternative dazu kann man dem Staat die Befugnis zu hoheitlicher Regelung der Netzzugangsbedingungen sowie zu behördlicher Kontrolle von deren Einhaltung zuweisen (sog. geregelter Netzzugang). Dies ist der Weg der sog. *Regulierung*.

¹⁹ §§ 6, 6a EnWG 1998/2003 sahen einen vor den ordentlichen Gerichten geltend zu machenden Anspruch auf Abschluß eines Netzzugangsvertrages vor.

Eine besonders herausgehobene und umkämpfte Rolle unter den Netzzugangsbedingungen kam natürlich den *Netzzugangsentgelten* zu. Bei deren Festlegung steht dem Staat rechtlich nur ein enger Zielkorridor zur Verfügung: Sie müssen einerseits auskömmlich sein – andernfalls verstoßen sie gegen die verfassungsrechtliche Garantie des Eigentums der Netzbetreiber und gegen das Postulat der Versorgungssicherheit –, andererseits so niedrig sein, daß der Wettbewerb und die wirtschaftlichen Entfaltungsmöglichkeiten der Energielieferanten gewahrt bleiben.

Zusätzlich zur Regelung des Netzzugangs war im Interesse der Herbeiführung eines unverzerrten Wettbewerbs auf den Wettbewerbsstufen eine getrennte *Rechnungslegung* der Sparten vorzusehen, um insbesondere Wettbewerbsverzerrungen in den Wettbewerbsbereichen durch Quersubventionierung aus dem Monopolleitungsbereich zu unterbinden.

Der Gesetzgeber des Jahre 1998 hatte sich bis in das Jahr 2003²⁰ hinein – anders als alle anderen EU-Mitgliedstaaten – für den verhandelten Netzzugang mit dem Schwerpunkt reiner Kartellkontrolle entschieden. Hierfür waren vor allem wirtschaftspolitische Grundauffassungen verantwortlich – das EnWG 1998 war noch in der Amtszeit der Regierung Kohl unter dem FDP-Wirtschaftsminister *Rexrodt* verabschiedet worden. Man hatte gerade eine neue Behörde für Post und Telekommunikation errichtet und fürchtete weitere bürokratische Institutionen insbesondere in einem Wirtschaftszweig mit etwa 1800 kontrollunterworfenen Strom- und Gasversorgungsunternehmen. Der Verzicht auf staatliche Vorgaben und Regulierungseingriffe bedeutete, daß die Netzzugangsbedingungen, insbesondere die Netzzugangsentgelte, nur unverbindlich durch die beteiligten Verbände²¹ und erst danach durch kartellbehördliche Entscheidungen und Gerichtsurteile verbindlich für den Einzelfall festgelegt wurden.

Diese Unzuträglichkeiten, die auf europäischer Ebene das auf kartellrechtliche Einzelfalllösungen konzentrierte deutsche Liberalisierungskonzept diskreditiert hatten, führte dann um die Jahrhundertwende in Brüssel zu neuen Überlegungen, wie man die Umgestaltung des energiewirtschaftlichen Ordnungsrahmens in den Mitgliedstaaten rascher und effizienter bewerkstelligen könnte.

²⁰ Vgl. dazu *Kühne/Scholtka*, aaO. (Fn. 4) und *Kühne/Brodowski*, aaO. (Fn. 5) sowie *Theobald/Theobald*, aaO. (Fn. 11), S. 82 ff.

²¹ Dies geschah in den sog. Verbändevereinbarungen, vgl. z.B. für den Strombereich die sog. Verbändevereinbarung II plus, abgedr. im Bundesanzeiger Nr. 856 v. 08.05.2002.

VI. Wesentliche Faktoren für die Weiterentwicklung des europäischen und deutschen energiewirtschaftlichen Ordnungsrahmens (2003-2005)

Bei aller Erkenntnis der Bedeutung des diskriminierungsfreien Netzzugangs als des Herzstücks der Liberalisierung begann man um das Jahr 2000 zumindest zu ahnen, daß die Liberalisierung in Übereinstimmung nicht nur mit dem Postulat der Preiswürdigkeit, sondern mit allen Gemeinwohlzielen, also auch der Versorgungssicherheit und der Umweltverträglichkeit, gebracht werden mußte. Man fing also an, die Energieversorgung wieder systemhaft zu denken. Die 1. Generation der Richtlinien wie auch das deutsche EnWG 1998 hatte neben der Preiswürdigkeit die spezifisch energiewirtschaftlichen Zielsetzungen kaum in den Blick genommen. Man sah das Netz statisch als vorhanden an und verwies die Umweltverträglichkeit in den abgetrennten Bereich der finanziellen Förderung nach dem Erneuerbare Energien-Gesetz (EEG) und dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG). Im übrigen herrschte die Vorstellung vor, der Wettbewerb werde seine segensreiche Wirkung auch hinsichtlich dieser anderen Ziele entfalten. Die nunmehr ab ca. 2000/2001 einsetzende breitere Sicht kann an vier Aspekten sichtbar gemacht werden: der Versorgungssicherheit, der Umweltverträglichkeit, dem Kartellrecht und seiner funktionellen Begrenztheit sowie dem Mangel grenzüberschreitender Übertragungskapazitäten.

1. Versorgungssicherheit

Schlagartig unterstrich dieser Aspekt mit den Stromausfällen in Kalifornien 2001 und im Rekordsommer 2003 in Europa seinen Rang als wesentliches Leitprinzip der Energiewirtschaft. Herkömmlich unterteilt man die Versorgungssicherheit in die technische Sicherheit und die Bedarfsdeckungssicherheit. In Monopolzeiten hatte man keine sonderlichen Probleme damit. Die technische Sicherheit war bei den Ingenieuren in guten Händen („Dem Ingenieur ist nichts zu schwör“). Die Abschätzung des zukünftigen Strombedarfs bereitete im Monopol angesichts des festen Abnehmerstammes auch keine unüberwindlichen Schwierigkeiten. Im Gasbereich sorgten die Kaufleute für Bedarfsdeckungssicherheit wie etwa durch langfristige Lieferverträge zwischen Ruhrgas und der Sowjetunion oder Norwegen schon seit den 70er Jahren. Die Abstimmung zwischen den Kapazitätsebenen der Erzeugung/des Imports und des Transports (Netzebene) bereitete wegen des identischen Monopolisten auch keine großen Schwierigkeiten. Die Koordinationsaufgaben zwischen den Wertschöpfungsstufen Erzeugung (Beschaffung), Netztransport und Vertrieb lagen in den Händen des einen Monopolisten. In einem liberalisierten Strom- und Gasversorgungssystem ist das aufgrund der damit verbundenen Trennung der Wertschöpfungsstufen grundlegend anders. Die Verantwortung für die Funktionsfä-

higkeit der einzelnen Wertschöpfungsstufen liegt hier bei unterschiedlichen Trägern, deren Aufgabenwahrnehmung im Interesse der Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems aufeinander abgestimmt werden muß, z.B. die Kraftwerkskapazitäten zur Stromerzeugung und die Netzkapazitäten für den Stromtransport. Wegen der Nichtspeicherbarkeit von Strom und damit der Gleichzeitigkeit von Erzeugung und Verbrauch ist diese Koordination von existentieller Bedeutung für das Gesamtsystem. Bei *Gas* ist dieser Aspekt etwas entspannter zu sehen im Hinblick auf dessen Speicherbarkeit. Große Untergrundspeicher in ausgeförderten Erdgaslagerstätten oder Salzkavernen sind daher in ihrer Eigenschaft als Puffer zwischen Gasbeschaffung und Gasverbrauch gerade in einem liberalisierten Gasversorgungssystem hochgradig notwendig und dementsprechend gesucht, von ihrer Funktion als Absicherung gegen Lieferausfälle etwa beim Import aus Rußland einmal ganz abgesehen²². Neben die rein technische Anlagensicherheit und die Bedarfsdeckungssicherheit ist im Zuge der Liberalisierung ein entscheidender dritter Aspekt getreten, nämlich etwas, was man *Systemsicherheit* nennen kann: die Gewährleistung des reibungslosen Ineinandergreifens der Teilaspekte der Versorgungstätigkeit²³.

2. Umweltverträglichkeit

Seit den 90er Jahren ist es erklärtes Ziel der Energie- und Umweltpolitik der verschiedenen Bundesregierungen, den Anteil regenerativ erzeugten Stroms – hier nenne ich stellvertretend nur die Windkraft – an der Gesamtstromerzeugung zu erhöhen. Nach dem noch heute geltenden System versucht man dieses Ziel dadurch zu erreichen, daß die Netzbetreiber von Gesetzes wegen zur Aufnahme des regenerativ erzeugten Stroms und gleichzeitig zur Zahlung einer Vergütung verpflichtet sind, die über den Marktpreis hinaus einen Subventionsanteil umfaßt. Dies hat in der Tat zu einer spürbaren Steigerung des Öko-Stroms an der Gesamtstromerzeugung geführt. Die noch ehrgeizigeren energie- und klimapolitischen Ziele der Bundesregierungen seit Beginn des Jahrhunderts haben diesen Trend noch verstärkt und werden dies im Zeichen des Atomausstiegs und des zunehmenden Widerstandes gegen Kohlekraftwerke noch weiter tun. Lange Zeit ist dieses Fördersystem in kritischen Betrachtungen ganz überwiegend nur im Hinblick auf die finanziellen Belastungen wahrgenommen worden, die es unmittelbar für die etablierten Versorgungsunternehmen und vor allem – wegen der in das System eingebauten Weiterwälzungsmechanismen – für die industri-

22 Dies haben die Auseinandersetzungen zwischen Rußland und der Ukraine zu Beginn des Jahres 2009 wieder einmal sehr deutlich gemacht.

23 Vgl. dazu *Kühne* in: J. Chr. Pielow (Hrsg.), *Sicherheit in der Energiewirtschaft* – in memoriam P.J. Tettinger, 2007, S. 129 ff., insbes. 131 ff.

ellen Stromabnehmer und privaten Haushalte verursacht. Erst in neuerer Zeit treten die mittelbaren Belastungen für das gesamte Versorgungssystem in Erscheinung. Sie ergeben sich daraus, daß zum einen der Wind nun einmal sehr unregelmäßig und schwer vorhersagbar weht, zum anderen ein sicheres Stromversorgungssystem auf gleichmäßige Spannungshaltung angewiesen ist. Dies führt zu permanent notwendiger kurzfristiger Zufuhr von Ausgleichs- und Regelenergie aus konventionellen Kraftwerken. Des weiteren ist zu berücksichtigen, daß der Windstrom an der Küste erzeugt wird, die Verbrauchszentren aber im Westen und Süden Deutschlands liegen. Dies bedeutet, daß für den Stromtransport von Norden nach Süden mittlerweile erhebliche Netzverstärkungen erforderlich sind. Dies wird in Zukunft noch wesentlich zunehmen, wenn sich die Windstromerzeugung schwerpunktmäßig auf die Offshore-Windparks vor der deutschen Küste konzentrieren wird. All dies zeigt, daß die Verschiebung der Stromerzeugung hin zu den regenerativen Energien mittlerweile aufs engste mit der Transport(Netz-)ebene verbunden ist²⁴.

3. Kartellrecht und seine funktionelle Begrenztheit

In den vergangenen Jahren wurde zunehmend klarer, daß die Umgestaltung des energiewirtschaftlichen Ordnungsrahmens mit den Mitteln des *Kartellrechts* nicht gelingen konnte. Hierfür sind vor allem zwei Gründe verantwortlich:

- Das Kartellrecht hat seine wesentliche Aufgabe darin, Verhaltensweisen von Marktteilnehmern zu verhindern, die gegen die Regeln eines unverzerrten Wettbewerbs verstoßen, also z.B. Preiskartelle, wettbewerbsschädliche Unternehmenszusammenschlüsse. Verstöße werden im Einzelfall insbesondere von den Kartellbehörden, die insoweit als eine Art Wettbewerbspolizei fungieren, geahndet und sanktioniert (z.B. durch Bußgelder). Das Kartellrecht trifft Vorkehrungen gegen Verstöße bei jedenfalls systemhaft vorhandenem Wettbewerb. Bei der Umgestaltung des energiewirtschaftlichen Ordnungsrahmens geht es jedoch nicht um die Ahndung von Verstößen im Einzelfall, sondern darum, in den Wettbewerbsbereichen Wettbewerb überhaupt erst zu schaffen und innerhalb des verbleibenden Netzmonopols durch Setzung genereller Maßstäbe ein Verhalten des Netzbetreibers zu erwirken, welches den Grundsätzen entspricht, die bei gedachtem Wettbewerb wirksam wären (sog. Konzept des Als-Ob-Wettbewerbs).

²⁴ Vgl. dazu aus technischer Sicht *Beck/Springmann*, Jahrbuch der BWG 2007, 2008, S. 69 ff. (73 ff.). Nicht ohne Grund befindet sich ein Gesetz zur Beschleunigung des Ausbaus der Höchstspannungsnetze in Vorbereitung.

- Das Kartellrecht ist fast ausschließlich auf das Wettbewerbsziel ausgerichtet. Die soeben geschilderten, immer deutlicher gewordenen Rückwirkungen der Marktöffnung auf das gesamte Versorgungssystem, welche der Erfassung in Rechtsregeln bedürfen, können durch das Wettbewerbsrecht nicht bewältigt werden. Hierzu bedarf es eines übergreifenden, auf die Ordnung des Gesamtsystems angelegten Rechtsrahmens. Dies ist dann das auch in anderen Netzwirtschaftssektoren mittlerweile entstandene *Regulierungsrecht*²⁵.

4. Der Mangel grenzüberschreitender Übertragungskapazitäten

Wie bereits hervorgehoben, ist die Liberalisierung der Energiemärkte ganz wesentlich eine europäische Veranstaltung, die im Zeichen der Schaffung eines europäischen Binnenmarktes für Energie steht. Dazu gehört, daß sich Haushalts- und Industrieverbraucher im Inland von ausländischen Anbietern, aber auch grenzüberschreitend von Versorgern aus dem Ausland wie etwa BASF in dem eingangs geschilderten Fall versorgen lassen können. Im ersten Fall haben wir sichtbare Fortschritte gemacht, wenn man an die Bedeutung des schwedischen Unternehmens Vattenfall oder zumindest teilweise die Beteiligung der EdF an dem deutschen Unternehmen Energie Baden-Württemberg AG (EnBW) denkt. Im zweiten Falle sind die Fortschritte dagegen kaum erkennbar. Hintergrund ist die Tatsache, daß infolge der traditionellen Abschottung der Märkte entlang den nationalen Grenzen die Grenzkuppelstellen und damit die Übertragungskapazitäten stark defizitär sind. Um eine grenzüberschreitende Wahl des Energieversorgers zu ermöglichen, bedarf es eines erheblichen Ausbaus dieser Kapazitäten wie auch der Beseitigung weiterer Hindernisse.

VII. Zentrale Elemente der Binnenmarkt-Richtlinien Strom und Gas 2003 und des deutschen Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) 2005

Vor dem Hintergrund der soeben dargelegten vier Faktoren haben der europäische Gesetzgeber durch Inkraftsetzung der 2. Generation der Binnenmarkt-Richtlinien Strom und Gas 2003 und der deutsche Gesetzgeber durch Erlass des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) 2005 den energiewirtschaftlichen Ordnungsrahmen in wesentlichen Teilen, insbesondere dem Bereich des Netzmonopols (Netzzugang, Netznutzungsentgelte), neu gestaltet. Die dabei eingeschlagene

²⁵ Vgl. Fn. 17. Zum Verhältnis von Kartellrecht und Regulierung neuestens umfassend Heise, Das Verhältnis von Regulierung und Kartellrecht im Bereich der Netzwirtschaften – Zur Frage der Herausbildung eines eigenständigen Netzwirtschaftsrechts, 2008.

Richtung läßt sich mit dem Schlagwort „Vom Kartellrecht zur Regulierung“ kennzeichnen.

1. Die Binnenmarkt-Richtlinien Strom und Gas 2003

Die 2. Generation der Binnenmarkt-Richtlinien Strom und Gas von 2003²⁶ atmet einen deutlich anderen Geist als ihre Vorgängerinnen von 1996/98²⁷. Sie schreibt den Mitgliedstaaten zahlreiche verbindliche Vorgaben vor: Vollständige Marktöffnung spätestens zum 01.07.2007, ausschließliche Zulassung des regulierten Netzzugangs und damit Verbot des bis dahin in Deutschland praktizierten verhandelten Netzzugangs, Festlegung der Aufgaben der Netzbetreiber, stark erweiterte Entflechtungsregelungen, Schaffung von Regulierungsbehörden mit straffen aufsichtlichen Eingriffsbefugnissen. Die Probleme des grenzüberschreitenden Strom- und Gashandels hat die EU mit den Verordnungen über den grenzüberschreitenden Stromhandel von 2003 und über den Zugang zu den Erdgasfernleitungsnetzen von 2005 in Angriff genommen.

2. Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) 2005

- Das EnWG 2005²⁸ spiegelt schon rein äußerlich in weit stärkerem Maße einen dirigistisch-regulativen Geist wider als sein Vorgänger. Die Zahl der Vorschriften ist größenordnungsmäßig von ca. 25 auf ca. 125 Paragraphen mit z.T. verstörend zahlreichen und umfangreichen Absätzen angestiegen. Aus rechtsstaatlichen Gründen müssen Regulierungsregelungen allerdings aber wohl in Deutschland auch etwas detaillierter ausfallen als in anderen Ländern. Regulierungsregelungen sind nämlich in aller Regel für die unterworfenen Unternehmen belastende, in Grundrechte wie Berufsfreiheit und Eigentum eingreifende staatliche Maßnahmen, die einer hinreichend klar umschriebenen gesetzlichen Grundlage bedürfen. Bisher nicht gekannte Vorschriften z.B. über die Systemverantwortung von Netzbetreibern zeigen die zuvor dargelegte Relevanz der Marktöffnung für das Gesamtsystem. Das Gesetz selbst regelt jetzt in Verbindung mit zusätzlichen Verordnungen den Netzanschluß und den Netzzugang konkurrierender Lieferanten zum Netz. Insbesondere beim Gas stellen sich hier

²⁶ Angabe der Fundstelle in Fn. 3.

²⁷ Vgl. zum Perspektivenwandel schon in den Entwürfen z.B. *Kühne*, Recht der Energiewirtschaft (RdE) 2002, S. 257 ff.

²⁸ Angabe der Fundstelle in Fn. 6.

noch komplexere Probleme als beim Strom, weil bei Gas tatsächlich Materie – dazu noch in unterschiedlicher Qualität und Richtung – durch die Leitungen fließt. Die Ergebnisse der Öffnung der Gasmärkte sind denn auch bislang deutlich hinter denen der Strommarktöffnung zurückgeblieben.

- In Zeiten hoher und weiter steigender Preise sind natürlich die *Netznutzungsentgelte* von besonderem Interesse, die aber nur ca. 33 % des Strom- und 25 % des Gas-Endpreises ausmachen. Da das Netz nach wie vor ein Monopol ist, kann es auf der Wertschöpfungsstufe des Transports auch keinen Wettbewerb geben. Nach klassischer energiewirtschaftlicher Monopolpreisfindung galt hier das Cost plus-Prinzip: die entstandenen Kosten zuzüglich einer Gewinnmarge ergaben den Preis. Man kann aber Wettbewerb simulieren und wettbewerbsanaloge Preise anstreben. Dementsprechend hat das Gesetz bei der Preisfindung statt auf Ist-Kosten auf Soll-Kosten abgestellt: Es können nur die Kosten in Rechnung gestellt werden, die auch bei Zugrundelegung des Maßstabes eines effizienten Netzbetreibers entstanden wären. Aufgrund dieser Umstellung haben in den vergangenen zwei Jahren die Regulierungsbehörden z.T. erhebliche Kürzungen der von den Netzbetreibern beantragten Netznutzungsentgelte durchgesetzt, die sich allerdings, bezogen auf den Gesamtstrom-/Gaspreis, verhältnismäßig bescheiden ausnehmen.

Indes ist eine behördliche Kostenprüfung anhand eines gedachten Maßstabes mit erheblichen Unsicherheiten belastet. Dies hat den Gesetzgeber veranlaßt, zum 01.01.2009 zu einem anderen System – der sog. *Anreizregulierung*²⁹ – überzugehen: Den Netzbetreibern wird für eine bestimmte Zeit³⁰ unter Berücksichtigung eines Datenkranzes, z.B. eines angenommenen Produktionsfortschritts oder einer Inflationsrate unter Verwendung sog. Benchmarks ein nach einer hochkomplizierten Formel errechneter Erlöspfad vorgegeben. Diesen Erlöspfad können sie einhalten, aber auch übertreffen. Tun sie letzteres, etwa durch über den Annahmen liegende Kosteneinsparungen, so dürfen sie dadurch entstehende Mehrgewinne behalten. Der tiefere Sinn liegt darin, sie zu veranlassen, Ineffizienzen in ihren eigenen Unternehmen selbst aufzudecken und zu beseitigen. Das Behaltendürfen der Mehrgewinne stellt dabei die Belohnung („Anreiz“regulierung) dar. Soviel Charme diesem System auf den ersten Blick auch innewohnen mag, so offenkundig sind die Gefahren. Senkt nämlich der Netzbetreiber seine Kosten zum Zwecke der Gewinnsteigerung im Übermaße, so kann dies zu Lasten der Qualität der Netze, etwa bei übermäßiger Ausdehnung der Wartungsintervalle, gehen und damit das Ziel der Versorgungssicherheit

²⁹ Anreizregulierungsverordnung v. 29.10.2007, BGBl. I 2529, dazu *Theobald/Theobald*, aaO. (Fn. 11), S. 243 ff.

³⁰ Die Regulierungsperioden dauern, differenziert nach Strom/Gas, fünf bzw. vier Jahre.

gefährden. Die Preisregulierung muß daher gleichsam von unten durch eine sog. Qualitätsregulierung, d.h. durch Setzung von verbindlichen Qualitätsstandards für Netze, ergänzt werden. Dieser Komplex macht zwei Dinge deutlich:

- Die Netzentgeltregulierung wandelt auf einem engen Korridor zwischen den Zielen der Preiswürdigkeit (tendenziell niedrigere Entgelte) und der Versorgungssicherheit (tendenziell höhere Entgelte);
- Staatliche Eingriffe in Unternehmen haben wegen der durch sie ausgelösten verhaltenslenkenden Wirkung die Tendenz, weitere Regulierungen zu provozieren. Dieses Phänomen kennt man aus planwirtschaftlichen Systemen.
- Eine solche Folgeregulierung stellt letztlich auch die durch die Trennung der Wertschöpfungsstufen erzwungene *Entflechtungsregelung*³¹ dar. Hier hat das EnWG 2005 entsprechend den EU-Vorgaben zusätzlich zur rechnungslegungsmäßigen Entflechtung die informationelle (Wahrung der Vertraulichkeit von Informationen im Verhältnis zwischen Netzbetrieb und Vertrieb in vertikal integrierten Unternehmen), operationeller (z.B. Verbot der Tätigkeit von leitenden Konzernmitarbeitern sowohl im Netz- als auch im Vertriebsbereich) und rechtlicher Entflechtung (Zwang zur Errichtung getrennter rechtlicher Einheiten für Netzbetrieb und Vertrieb) vorgeschrieben. Es liegt auf der Hand, daß die behördlichen Kontrollmöglichkeiten einzelner dieser Entflechtungsvarianten, insbesondere der informationellen Entflechtung, sehr begrenzt sind.

VIII. EU-Vorschläge für ein 3. Liberalisierungspaket

Genau diese – teils wirklichen, teils angeblichen – Defizite haben die *EU-Kommission* im September 2007³² veranlaßt, Vorschläge für ein weiteres 3. *Liberalisierungspaket* vorzulegen, die seit langem die sich mit strukturellen Ordnungsfragen in der Strom- und Gaswirtschaft beschäftigenden Kreise umtreiben. Sie konzentrieren sich auf zwei Komplexe: die eigentumsrechtliche Entflechtung der großen vertikal integrierten Versorgungsunternehmen und die Einrichtung einer EG-Energieaufsichtsbehörde.

1. Was die *Entflechtung* angeht, vertritt die Kommission die Auffassung, daß wegen der von ihr noch immer diagnostizierten Behinderung des Wettbewerbs auf den Strom- und Gasmärkten durch die vertikal integrierten Konzerne mit Übertragungs- und Fernleitungsnetzen (in Deutschland: E.ON, RWE, EnBW, Vattenfall) diese nunmehr eigentumsrechtlich zu entflechten sind, was dann

³¹ Vgl. dazu ebenfalls *Theobald/Theobald*, aaO. (Fn. 11), S. 297 ff.

³² Mitteilung KOM (2007) 531 endg.

publizistisch auch „Zerschlagung“ genannt wird³³. Die Unternehmen müssen sich danach von ihrer Netzsparte trennen, d.h. sie verkaufen. In Voraussicht der zu erwartenden massiven Widerstände etwa aus Deutschland, auch aus juristischer Sicht – Eigentumsschutz, Enteignung? – hat die Kommission ein milderer Alternativmodell gleich mitgeliefert, nämlich den sog. ISO, Independent System Operator. Danach bleiben die Unternehmen zwar Eigentümer der Netze, haben aber nichts mehr zu sagen, weil sie die Verfügungsgewalt auf einen unabhängigen Treuhänder übertragen müssen. Einige Mitgliedstaaten, darunter vor allem Deutschland, haben Vorschläge für einen sog. Dritten Weg gemacht, der den Unternehmen das Eigentum und einige Funktionen seiner Ausübung belassen, bei anderen jedoch die Regulierungsbehörde als neutralisierende Instanz einschalten will. Während der EU-Ministerrat den Mitgliedstaaten die Wahl unter diesen Möglichkeiten anheimgeben will, tritt das EU-Parlament eher für ein strenges Ownership Unbundling ein. Eine Lösung soll im 1. Halbjahr 2009 gefunden werden.

2. Etwas im Windschatten der Entflechtungsdiskussion hat die EU-Kommission ferner eine weitere Verschärfung der *Regulierungsaufsicht* vorgeschlagen. So soll durch Verordnung eine „Agentur für Zusammenarbeit der Energieregulierungsbehörden“ der Mitgliedstaaten eingerichtet werden. Damit wäre dann der seit langem vorausgesehene und überwiegend auch befürchtete europäische Regulator Wirklichkeit³⁴.

IX. Einschätzung des gegenwärtigen Entwicklungsstandes

Bei einer abschließenden Bewertung der Entwicklung und ihres jetzt erreichten Standes muß man die beiden Elemente des Themas – Liberalisierung und Deregulierung – auseinanderhalten.

1. Der Einfachheit halber sei mit dem *Deregulierungsziel* begonnen. Dieses ist eindeutig verfehlt worden. Wir haben inzwischen eine in Monopolzeiten nie gekannte Regulierungsdichte erreicht. Insoweit ist der Zug bereits entgleist. Die anfängliche Vorstellung, man brauche nur die Monopolstruktur der Strom- und Gasversorgung aufzuheben und könne sie dann dem allgemeinen Wettbewerbsrecht unterstellen, wie noch der Regierungsentwurf zum EnWG 1998 glaubte, war naiv. Die Auswirkungen der Marktöffnung auf das gesamte

³³ Die Vorschläge werfen eine Fülle von Fragen des grundrechtlichen Eigentumsschutzes nach europäischem und deutschem Recht auf. Aus der reichen Literatur vgl. nur *Mayen/Karpenstein*, RdE 2008, 33 ff.

³⁴ Zu den Verschärfungen des Aufsichtsinstrumentariums vgl. nur *Ehrlicke*, RdE 2008, 159 ff., und *Lecheler*, RdE 2008, 167 ff.

Energieversorgungssystem und der dadurch entstehende normative Regelungsbedarf sind massiv unterschätzt worden, obwohl schon in der Anfangszeit einzelne Stimmen darauf hingewiesen hatten, daß Deregulierung bei unvollkommenen Märkten einen nicht unerheblichen Bedarf an Re-Regulierung erzeugte³⁵.

2. Hinsichtlich des *Liberalisierungsziels* fällt eine Beurteilung schwerer. Liberalisierung ist ein anderes Wort für die Einführung von Wettbewerb. Dieser kann sich auf mehreren Parametern abspielen. Besonders bedeutsam sind Preis und Qualität. Bei Strom und Gas handelt es sich – trotz etwas gequält wirkender Werbeversuche mit „gelbem“ Strom – um ein homogenes Massengut. Dabei kommt fast nur der Preiswettbewerb in Betracht. Wie steht es damit? Insoweit muß man wiederum zwischen dem Netzmonopolbereich, wo nur simulierter Wettbewerb möglich ist, und den Wettbewerbsbereichen unterscheiden.

Es ist wohl nicht zu bezweifeln, daß die Tätigkeit der Regulierungsbehörden unter Führung der Bundesnetzagentur durch die Anlegung wettbewerbsanaloger Maßstäbe bei der Netzentgeltfestsetzung zur Aufdeckung zahlreicher unternehmerischer Ineffizienzen und demgemäß auch zu Preissenkungen bei den Netzentgelten geführt hat. Allerdings sind hier Grenzen dadurch gesetzt, daß Investitionen in Netze attraktiv bleiben müssen. Wenn die Verkaufsabsichten von E.ON (Stromnetz), RWE (Gasnetz) und Vattenfall (Stromnetz) so zu deuten wären, daß der Netzbetrieb unternehmerisch mittlerweile unattraktiv ist, so wäre das ein beunruhigendes Zeichen.

Für die Wettbewerbsbereiche muß man zunächst feststellen, daß neben den Netzentgelten ca. 40 % als Bestandteil des Stromendpreises auf die staatlich auferlegten Abgaben (EEG, KWKG) und schließlich der danach verbleibende Anteil auf die Erzeugungs- und Beschaffungskosten entfällt. An den staatlichen Abgaben, die im übrigen stetig gestiegen sind, kann der Markt nichts ändern. Es bleiben also die unternehmensseitig veranlaßten Kosten. Hier wird vorherrschend dem Oligopol aus E.ON, RWE, EnBW und Vattenfall – sie vereinigen 80 % der Stromerzeugungskapazitäten – der Vorwurf gemacht, aufgrund dieser Strukturen ein Hindernis für Wettbewerb zu sein. Selbst unter hochrenommierten Ökonomen gibt es dazu allerdings sehr divergierende Auffassungen³⁶. Der Gesetzgeber durch Verschärfung der Preismißbrauchsaufsicht im

³⁵ Vgl. Kühne, in: Baur (Hrsg.), Die Europäische Gemeinschaft und das Recht der leitungsgebundenen Energie, 1993, S. 105 ff. (109 f.).

³⁶ So verneint Ockenfels einen signifikanten Zusammenhang zwischen oligopolistischer Marktvermachtung und wettbewerbsdefizitärer Preisüberhöhung, vgl. Ockenfels, Handelsblatt v. 17.03.2008, S. 2 („Der Markt fährt gegen die Wand“) und in: Löwer (Hrsg.), Neue rechtliche Herausforderungen für den Strommarkt, Bonn University Press, 2008, S. 9 ff. (25).

Kartellrecht und die Gerichte durch Anwendung des § 315 BGB (Billigkeitskontrolle) haben mit mäßigem Erfolg versucht, Preisüberhöhungen zu bekämpfen. Auch Versuche, durch stärkeren Zubau von Erzeugungskapazitäten das Stromangebot zu erhöhen und dadurch preisdämpfende Wirkungen zu erzielen, dürften nur begrenzt erfolgreich sein.

Angesichts der engen Abhängigkeit der Energiepreise von den vom Weltmarkt beeinflussten Erzeugungs- und Beschaffungskosten dürfte das Preisdämpfungspotential des Wettbewerbs als eher gering zu erachten sein. Setzt man dazu den enormen Koordinations- und Regulierungsaufwand, der durch deutsche Eigenheiten wie die anfängliche Vorab-Genehmigung aller Netzentgelte und die Einrichtung von Regulierungsbehörden sowohl auf Bundes- als auch auf Landesebene noch verschärft worden ist, ins Verhältnis, so kann man an der Verhältnismäßigkeit der ganzen Liberalisierungsbewegung gewisse Zweifel bekommen³⁷. Man kann noch nicht sagen, daß der Liberalisierungszug bereits entgleist ist. Aber wer in diesem Zug fährt, den beschleicht doch häufiger ein Gefühl, daß er aus den Gleisen springen könnte.

³⁷ Vgl. bereits *Kühne*, aaO. (Fn. 6), S. 858. *Ockenfels*, aaO. (Fn. 36), S. 26, hält die Frage des Gelingens für offen.

MEMS – MOEMS – BioMEMS

Komplexe Funktionen auf kleinstem Raum*

STEPHANUS BÜTTGENBACH

Dr.-Bockemüller-Ring 33, D-38173 Sickinge

MEMS steht für Micro Electro Mechanical Systems und beschreibt die Integration von Elektronik, Mechanik, Magnetik, Optik, Fluidik und neuen Materialien, durch die steigende Ansprüche an Funktionen und Leistungen technischer Produkte erfüllt werden. In Europa hat sich für dieses Gebiet die Bezeichnung Microsystem Technology (Mikrosystemtechnik) durchgesetzt. Falls neben mechanischen und elektronischen auch optische Funktionen integriert werden, wird auch von Micro Opto Electro Mechanical Systems (MOEMS) gesprochen; MEMS für biomedizinische Anwendungen werden häufig als BioMEMS bezeichnet.

Die Mikrosystemtechnik erschließt durch die Kombination von Signalverarbeitung mit sensorischen und aktorischen Komponenten eine Vielzahl neuartiger Anwendungen, die rein mikroelektronischen Systemen verschlossen bleiben. Sie ist daher zu einem wesentlichen Innovationsmotor in nahezu allen Wirtschaftsbereichen geworden. Die Miniaturisierung der Komponenten und Systeme spielt dabei eine entscheidende Rolle. Die technologischen Grundlagen liefern lithographiegebundene und subfeinwerktechnische Mikrotechnologien, Mikromontagetechniken, Aufbau- und Verbindungstechniken sowie Systemdesign und Simulationsverfahren.

Neben der Entwicklung und Gestaltung der Mikrosysteme selbst schafft die Mikrosystemtechnik die wichtige Anbindung zur Makrowelt, d.h. die Integration der Mikrosysteme in ein Makro-System, z.B. ein Handy, ein Auto, ein Flugzeug, ein chirurgisches Instrument oder eine Werkzeugmaschine. Sie ist jedoch auch der Schlüssel zur Nutzung der Nanotechnologie.

Als Querschnittstechnologie ist die Mikrosystemtechnik für viele industrielle Produkte und Prozesse bereits unentbehrlich geworden:

* Kurzfassung des am 10.10.2008 vor der Plenarversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehaltenen Vortrags.

- Airbags, ABS und ESP basieren auf mikrotechnischen Inertialsensoren und gehören zur Standardausrüstung von Kraftfahrzeugen.
- Viele neue Anwendungsfelder in der Informations- und Kommunikationstechnik wären ohne typische Mikrosysteme wie RFID und Smart Label nicht möglich. Damit wird die Mikrosystemtechnik zu einer Schlüsseltechnologie für *Embedded Systems* und *Smart Systems*.
- Mikrotechnologien erlauben die Entwicklung von Modulen der intra- und extrakorporalen Videotechnik, der Robotik und applikationsspezifischer Instrumente für die minimal-invasive Chirurgie, durch die die Belastung für den Patienten und die Kosten der medizinischen Betreuung reduziert werden können.
- Mikrogreifer sind Schlüsselkomponenten in Mikrorobotersystemen zur Montage hybrider Mikrosysteme.
- Mikrotaster ermöglichen die taktile Messung mikrosystemtechnischer Komponenten mit Hilfe spezieller Koordinatenmessmaschinen.

In allen diesen Beispielen sind Produkte der Mikrosystemtechnik zentral für Funktion und wirtschaftlichen Erfolg.

In Zukunft werden sich durch die enge Verbindung zur Nano- und Biotechnologie und durch die Entwicklung autonomer und adaptiver Systeme neue Anwendungsfelder im Maschinenbau, bei Fahrerassistenzsystemen, in logistischen Prozessen, in der chemischen Verfahrenstechnik, der Energietechnik und nicht zuletzt im Gesundheitswesen erschließen. Zwei Beispiele aus der Forschungstätigkeit des Instituts für Mikrotechnik der Technischen Universität Braunschweig sollen dies verdeutlichen.

Im Rahmen des Sonderforschungsbereiches *Konstruktion und Fertigung aktiver Mikrosysteme* werden neue Technologien zur Herstellung von Mikrospulen und miniaturisierten magnetischen Kreisen entwickelt und optimiert. Die UV-Tiefenlithographie auf der Basis neuer UV-sensitiver Photoresists und die galvanische Abscheidung von Metallen und Legierungen wie Kupfer, Nickel und Nickeisen erlauben die Realisierung von Strukturen mit hohen Aspektverhältnissen und Auflösungen, welche kombiniert in Additivtechnik zum Aufbau magnetischer Mikrosysteme genutzt werden. Zur Herstellung hartmagnetischer Mikrostrukturen werden Mikroverbundwerkstoffe, die aus einer mit hartmagnetischen Partikeln gefüllten Polymermatrix bestehen, entwickelt und untersucht. Diese Verbundmaterialien zeichnen sich durch einstellbare Werkstoffeigenschaften aus und sind zudem einfach und flexibel zu strukturieren und vollständig kompatibel zu bestehenden Prozessketten. Die Kombination dieser Technologien ermöglicht die Entwicklung von Mikromotoren und



Abb. 1: Synchron-Mikromotoren.

-robotern. Bild 1 zeigt Mikrosynchronmotoren. Bei ersten Tests konnten Drehzahlen von 7000 min^{-1} und Drehmomente bis zu $20 \text{ }\mu\text{Nm}$ gemessen werden [1]. Anwendungen ergeben sich unter anderem in der Mikrofluidik (Mikropumpen, Mikromischer) und in der Messtechnik (Nanopositionierung).

Der Sonderforschungsbereich *Vom Gen zum Produkt* beschäftigt sich mit der Verknüpfung gen- und verfahrenstechnischer Methoden zur Gewinnung von Produkten mit hoher Wertschöpfung. In der Medizintechnik besteht eine große Nachfrage zur schnellen Bestimmung von Entzündungen und bakteriellen Infektionskrankheiten. Für die Diagnostik werden derzeit in aller Regel Einzeltests verwendet, die den unspezifischen Parameter C-reaktives Protein (CRP) im Blutserum zum Nachweis entzündlicher Erkrankungen heranziehen und die in Zentrallabors durchgeführt werden. Gemeinsam mit dem Institut für Biochemie und Biotechnologie wird ein mikrofluidisches System entwickelt, das eine zeitnahe Diagnostik auf Basis molekularer Bindungsreaktionen (typischerweise Antikörper) *vor Ort* ermöglicht und mit Probenmengen kleiner $100 \text{ }\mu\text{l}$ auskommt.

Zunächst wird das Serum der Blutprobe mikrotechnisch abgeschieden. Zur Aufreinigung und Aufkonzentration des Serums soll zusätzlich eine Affinitätsmatrix dem Sensor vorgeschaltet werden. Der Nachweis der Proteine erfolgt massen-

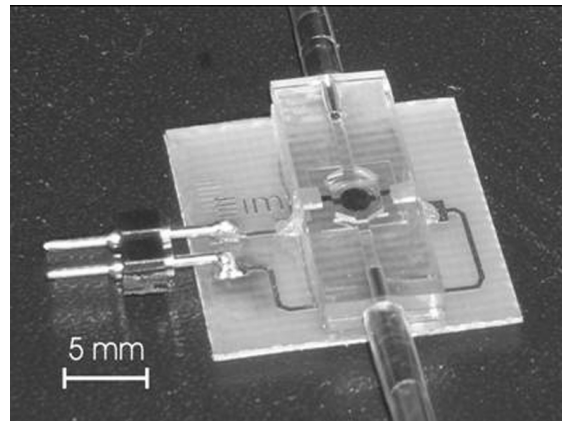


Abb. 2: Fließsystem mit integriertem Quarzsensor.

sensitiv ohne Einsatz von Markern mit hochfrequenten Quarzmikrowaagen unter Einsatz von speziell hergestellten Antikörperfragmenten (single chain fragments). Ziel ist ein System, dass alle diese Elemente auf einem Chip kombiniert. Bild 2 zeigt das in einem ersten Schritt entwickelte Sensorsystem, das aus einer Polydimethylsiloxan-Mikrofließzelle besteht, in die ein Quarzsensor integriert ist [2]. Für die Kopplung von Fängerproteinen auf der Sensoroberfläche werden speziell für diesen Anwendungszweck stabilitätsoptimierte Antikörperfragmente gegen CRP verwendet. Die Kopplung von CRP an die immobilisierten Antikörperfragmente führt direkt zum Messsignal.

Literatur

- [1] WALDSCHIK, A., M. FELDMANN & S. BÜTTGENBACH (2008) : *Novel synchronous linear and rotatory micro motors based on polymer magnets with organic and inorganic insulation layers*. Sensors & Transducers Journal, Special Issue 3: 3-13.
- [2] MICHALZIK, M., A. BALCK, L. AL-HALABI, M. HUST, S. DÜBEL & S. BÜTTGENBACH: *Massensensitives Sensor-Fließsystem zur CRP-Diagnostik*. Mikrosystemtechnik Kongress, Dresden, 2007.

„Das Produktionstechnische Zentrum Hannover“ – Produktionstechnische Forschung entlang der Prozesskette –*

BEREND DENKENA

Hermann-Sievers-Weg 2, 30900 Wedemark

Das Produktionstechnische Zentrum ist Teil der Fakultät für Maschinenbau der Leibniz Universität Hannover. Zwei Drittel des PZH werden genutzt von sechs Instituten mit produktionstechnischem Schwerpunkt, ein Drittel im Sinne eines Brutkastens von jungen Unternehmen. Produktion ist einer von vier Forschungsschwerpunkten der Fakultät für Maschinenbau neben Mechatronik, Medizintechnik und optischen Technologien. Mit 19 Professuren ist der Maschinenbau in Hannover die kleinste Einheit der Universität, andererseits mit etwa 23 Mio. Euro der mit Abstand drittmittelträchtigste Bereich. Eine Herausforderung stellt die räumliche Trennung der Institute dar. Im Vortrag wird der Wunsch aller Professoren des Maschinenbaus in Hannover nach Konzentration an einem gemeinsamen Standort bekräftigt. Der wesentliche Teil des Vortrags befasst sich mit der Entwicklung der Fertigungstechnik in Hannover seit Anfang des letzten Jahrhunderts. Mit Karl Karmasch und Hermann Fischer auf der Universitätsseite sowie Hermann Wohlenberg und Max Müller auf der Industrie-seite werden wesentliche Persönlichkeiten der produktionstechnischen Gründungsphase in der Stadt vorgestellt. Anhand von ausgesuchten Beispielen wird die Geschichte der Werkzeugmaschinen-technik in Hannover von Beginn der numerischen Steuerung an bis ins Jahr 2008 nachgezeichnet. Im letzten Teil des Vortrags werden Forschungsbeispiele aus dem eigenen Institut gegeben. Stellvertretend seien in dieser Kurzfassung nur eine Fertigungstechnologie für die Komplettherstellung von Schuhleisten in einer Maschine sowie die Entwicklung von Fertigungstechnologien für vollkeramische Kniegelenke erwähnt. Nach anregender Diskussion beschließt die BWG das Meeting in Hannover-Garbsen mit einem kleinen aber feinen Abendbuffet.

* Kurzfassung des am 14.11.2008 vor der Plenarversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft in Hannover gehaltenen Vortrags.

KLASSENSITZUNGEN

Was macht Organoschwefelchemie attraktiv?*

ERNST SCHAUMANN

Institut für Organische Chemie der TU Clausthal, Leibnizstraße 6,
D-38678 Clausthal-Zellerfeld

Während Kohlenstoff-Sauerstoff-Verbindungen in der organischen Synthese weiten Raum einnehmen, wird der präparative Nutzen von Organoschwefelchemie immer noch nicht voll ausgeschöpft. Das mag verwundern, da die Natur in vielen Beispielen Schwefelverbindungen nutzt und so als Lehrmeister dienen sollte. Grundlage für Anwendungen von Schwefel in der organischen Synthese sind seine gegenüber Sauerstoff erhöhte Polarisierbarkeit und die geringere Elektronegativität. Spezielle Anwendungen betreffen:

- Schwefel-Ylide
- die Oxidation zu Disulfiden, Sulfoxiden oder Sulfonen
- Sulfoximine als stickstoffhaltige Derivate
- Schwefel-stabilisierte Carbenium-Ionen und die Verknüpfung mit anderen elektrophilen Zentren
- Schwefel-substituierte Carbanionen, speziell ihre Anwendung in „Umpolungschemie“
- die Chiralität von pyramidalem Schwefel, die vor allem in Sulfoxiden und Sulfoximinen für die asymmetrische Synthese ausgenutzt wird
- der Ersatz von Schwefel durch andere nützliche Funktionen
- Thiocarbonyl-Chemie als Analogon oder Kontrapunkt zur breit genutzten Carbonyl-Chemie

Literatur

- [1] SCHAUMANN, E.: Sulfur is More Than the Fat Brother of Oxygen. An Overview of Organosulfur Chemistry. Top. Curr. Chem., 274, (2007), S. 1-34.

* Kurzfassung eines Vortrags gehalten am 8.02.2008 in der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft. Inhalt des Vortrags ist ein Auszug aus [1].

Möglichkeiten und Anwendungen der Lasermikroskopie*

KARL-HEINZ GERICKE

Institut für Physikalische und Theoretische Chemie, Technische Universität
Braunschweig, Hans-Sommer-Str. 10, D-38106 Braunschweig

Laser haben die Mikroskopie erobert und deren Instrumentarium so signifikant verbessert, dass es nunmehr möglich ist, molekulare Prozesse innerhalb einzelner biologischer Zellen zu beobachten. Es wird ein Einblick in die neuesten Entwicklungen der Lichtmikroskopie gegeben, um deren Möglichkeiten zu ergründen. Dabei werden einige Anwendungen aus dem Bereich der Infektionsforschung vorgestellt. Wir verlassen die zweidimensionale Bilder(Schatten)welt und kommen zu dreidimensionalen Filmen mit Zeitaufösungen von wenigen-milliardstel Sekunden. Die Ergebnisse zu den Arbeiten sind in internationalen Zeitschriften veröffentlicht [1-6].

Literatur

- [1] NIESNER R., P. NARANG, H. SPIECKER, V. ANDRESEN, K.-H. GERICKE & M. GUNZER (2008): Selective Detection of NADPH Oxidase in Polymorphonuclear Cells by Means of NAD(P)H-Based Fluorescence Lifetime Imaging. J. Bio. Phys., Article ID 602639.
- [2] QUENTMEIER, S., S. DENICKE, J.-E. EHLERS, R. NIESNER & K.-H. GERICKE (2008): Two-Color Two-Photon Excitation Using Femtosecond Laser Pulses. J. Phys. Chem. B, **112**: 5768-5773.
- [3] NIESNER, R. & K.-H. GERICKE (2008): Fluorescence lifetime imaging in biosciences: technologies and applications. Frontiers of Physics **3**: 88-104.
- [4] DENICKE, S., J.-E. EHLERS, R. NIESNER, S. QUENTMEIER & K.-H. GERICKE (2007): Steady-state and time-resolved two-photon fluorescence microscopy: a versatile tool for probing cellular environment and function. Phys. Scr. **76**: C115-C121.
- [5] NIESNER, R. & K.-H. GERICKE (2006): Quantitative determination of the single-molecule detection level by means of PCH analysis. J. Chem. Phys. **124**: 134704.

* Kurzfassung eines Vortrags gehalten am 10.10.2008 in der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft.

- [6] Einen detaillierten Überblick über frühere Arbeiten finden sich in: K.-H. GERICKE, Biophotonik: Einblicke in die Zelle, BWG, Jahrbuch, J.Cramer (2006) 45-56.

Neue Hochauftriebssysteme für zukünftige Verkehrsflugzeuge*

ROLF RADESPIEL

Wilhelmshöhe 11, D-38108 Braunschweig

Der Vortrag leitet aus dem Mobilitätsbedarf der entwickelten Industriegesellschaften ein Konzept für zukünftige Verkehrsflugzeuge her, das auf eine Integration dieser Flugzeuge innerhalb der Metropolregionen abzielt. Die Forderungen nach verbessertem Schutz der Bürger vor Fluglärm, einer Verringerung des Flächenverbrauchs von Flughäfen und geringem Primärenergieverbrauch führen auf Kurzstart- und landefähige Verkehrsflugzeuge als Verkehrsmittel. Es wird gezeigt, dass hierfür die Leistungsfähigkeit der Hochauftriebssysteme dieser Flugzeuge drastisch erhöht werden muss, und dies ist nur durch aktive Hochauftriebssysteme erreichbar. Diese Systeme können wesentlich höhere Auftriebsbeiwerte durch ein geschicktes Ausblasen von Luft am Tragflügel erreichen. Für diesen Zweig der Luftfahrtforschung werden Erfolg versprechende Konzepte diskutiert und ein Einblick in laufende Forschungsarbeiten der Aerodynamik gegeben. Der Vortrag schließt mit einem Ausblick auf zukünftige, koordinierte Forschungsvorhaben.

Literatur

RADESPIEL, R., K.-C. PFINGSTEN & C. JENSCH: Flow Analysis of Augmented High-Lift Systems. In: RADESPIEL, R., C.-C. ROSSOW & B. BRINKMANN (Eds.): Hermann Schlichting – 100 Years. Scientific Colloquium Celebrating the Anniversary of his Birthday, Braunschweig, Germany 2007. Notes on Numerical Fluid Mechanics and Multidisciplinary Design, Vol. 102, Springer-Verlag, ISBN 978-3-540-95997-7, 2009.

* Kurzfassung des am 10.10.2008 gehaltenen Vortrags in der Klasse für Ingenieurwissenschaften der Braunschweigischen wissenschaftlichen Gesellschaft.

Geld als Kulturleistung und als politisches Symbol. Theodor Mommsen und die antike Goldwährung*

HANS KLOFT

Charlottenburger Str. 11, D-28211 Bremen

*Im Andenken an Karl Christ (1923-2008), den Pionier einer
Wissenschaftsgeschichte der Antike*

Jede Wissenschaft hat besondere Archegeten und Heroen, welche ihre Fachrichtung geprägt, die lange Zeit als Leitfigur nachfolgenden Generationen gedient und die dann auch irgendwann scheinbar ausgedient haben, um ein Präzedenzfall für die Historie zu werden: Leopold von Ranke (1795-1886) für die Geschichts-, Friedrich Carl von Savigny (1779-1861) für die Rechts-, der in Braunschweig geborene Carl Lachmann (1793-1851) für die philologischen Wissenschaften,¹ jeder Leser kann die Reihe für sein eigenes Fachgebiet ergänzen und modifizieren. Die historisch gewordenen Wissenschaftspositionen sind nun nicht ein für alle Mal abgegolten, sie kehren, oft unter veränderten Bedingungen, wieder und erscheinen aktuell, gerade dort, wo man glaubt ihnen widersprechen zu müssen. Für die Altertumswissenschaft stellt Theodor Mommsen (1817-1903) eine derartige Ausnahmeerscheinung und einen Wegweiser dar, an dem sich die Altertumswissenschaft bis heute abarbeitet. Als sich im Jahre 2003 sein Todesdatum zum 100. Mal jährte, war dies selbstredend die Gelegenheit, sich der Bedeutung und der Wirkung dieses eindrucksvollen Menschen und ingeniosen Wissenschaftlers nach einem saeculum zu vergewissern, durchaus eine beabsichtigte Bestandsaufnahme, wo die Wissenschaft des Altertums vor 100 Jahren stand und wo sie heute steht.² Und so hat man

* Der Vortrag wurde am 14.03.2008 in der Klasse für Geisteswissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehalten.

¹ Zu Ranke W.J. Mommsen, Hg., Leopold von Ranke und die moderne Geschichtswissenschaft, Stuttgart 1988; zu Savigny J. Schröder, Recht als Wissenschaft, Geschichte der juristischen Methode vom Humanismus bis zur historischen Schule (1500-1850), München 2001, 210 ff., bes. 214 f. (Lit.), D. Nörr, NDB 22, 2005, 470ff. (Lit.). Zu Carl Lachmann, dem Mitbegründer der historisch-kritischen Editionspraxis J. Kühnel, NDB 13, 1982, 371ff. (Lit.).

² Vgl. A. Demandt u. a., Hg., Theodor Mommsen, Wissenschaft und Politik im 19. Jh., Berlin-New York 2005; J. Wieshöfer, Hg., Theodor Mommsen, Gelehrter, Politiker und Literat, Wiesbaden 2005; vorher erschienen St. Rebenich, Theodor Mommsen, eine Biographie, München 2002.

nahezu alle die gewaltigen Leistungen, die mit dem Namen Mommsen verbunden sind, einer historischen Prüfung unterzogen und Bilanz gezogen: Nennen wir die Grundlinien der Geschichte Roms, die Probleme eines römischen Staats- und Strafrechts, die Grundlagenforschung auf philologischem und epigraphischem Gebiet, die Organisation der Berliner Akademie und ihrer Forschungsaufgaben, nicht zuletzt Mommsens Rolle als politischer Professor des 19. Jahrhunderts, der die Revolution von 1848 erlebt und publizistisch begleitet hat. Als Liberaler hatte er im Preußischen Abgeordnetenhaus und als Mitglied des Freisinns von 1881-1884 im Reichstag gesessen und sich als scharfer Kritiker Bismarcks einen Namen gemacht; er war einer der wenigen Gelehrten, die sich energisch gegen den erstarkenden Antisemitismus der Zeit zur Wehr setzte.³

Im Rahmen der Retrospektive wurde auch auf einem Frankfurter Kolloquium im Mai 2003 Theodor Mommsens Beitrag zur antiken Numismatik gewürdigt, der sich vornehmlich in seinem epochemachenden Werk *Die Geschichte des römischen Münzwesens* (1860) und in seinem bei der Akademie der Wissenschaften zu Berlin beantragten Forschungsprojekt einer Gesamtpublikation der antiken Münzen, eines *corpus nummorum*, niedergeschlagen hat.⁴ Dabei handelt es sich bei dem von den Herausgebern des Kolloquiumbandes gewählten Titel *Geldgeschichte versus Numismatik* durchaus um ein delikates Spannungsverhältnis, welches diese Grundwissenschaft bis auf den heutigen Tag begleitet. Die Sammlung, Katalogisierung und Beschreibung der Münzquelle, nach Region und Zeit geordnet ist die eine, die Interpretation und die Auswertung nach der politischen, wirtschaftlichen, sozialen und kulturellen Seite hin die andere Sache, die Augenmaß und Souveränität in beiden Lagern erfordert. Der beeindruckende und vielfältig belehrende Sammelband zur Leistung und zur Wirkung Mommsens auf dem Gebiet der Numismatik macht nicht nur deutlich, dass die engere, im Rahmen der Grundwissenschaft sich bewegende Interpretation nach wie vor im Vordergrund steht, sie zeigt auch, dass interessante Überlegungen Mommsens zu übergreifenden, allgemein historischen Themen numismatischer Provenienz noch der heutigen Analyse harren,⁵

³ J. Malitz, „Auch ein Wort über unser Judentum“, Theodor Mommsen und der Berliner Antisemitismusstreit, in: Wiesehöfer 2005 (Anm. 2), 137ff.

⁴ H.M. von Kaenel, u. a., Hgg., *Geldgeschichte vs. Numismatik*, Theodor Mommsen und die antike Münze, Berlin 2004; dazu meine kurze Rezension: HZ 281, 2005, 719f. *Numismatik und Geldgeschichte* als Titel programmatisch in H. Gebhardts Studienführer Heidelberg 1949.

⁵ Die im Band VIII der Gesammelten Schriften vereinigten epigraphischen und numismatischen Arbeiten enthalten ausschließlich inschriftliche Beiträge. Die in der Zeitschrift für Numismatik veröffentlichten Beiträge Mommsens (Karl Zangenmeister, St. Rebenich, Theodor Mommsen als Schriftsteller, Hildesheim 2000, 313 und 393f. s. v. Münze, Münzfunde) sind nicht aufgenommen. Das erschwert naturgemäß eine Bestandsaufnahme und Auswertung, die über H. Dressels Nekrolog hinausgeht (ZfN 24, 1904, 367ff.), dazu von Kaenel (Anm. 4), 2.

Themen, die durchaus auch einen Bezug zu aktuellen Problemen des 19. Jahrhunderts bieten, wie dies aus der Interpretation der *Römischen Geschichte* satt-sam bekannt ist. Bekanntlich liefert Mommsen mit der Geschichte der Römischen Republik ein in sich geschlossenes Kunstwerk mit Cäsar als Telos, der Demokratie und Königtum in sich vereinigt, auf kulturellem Gebiet Griechentum und Römertum in seinem Reich versöhnt, und eine Universalmonarchie auf-richtet, die ihren Kern in der national geeinten Halbinsel Italien besitzt: Italien, das er von einem geographischen zu einem staatlichen Begriff weiterentwickelt hatte. Nationalstaat, Kulturstaat, Monarchie und Volksherrschaft – das waren wegweisende Konnotationen der Zeit, und so fanden die Leser in der Römischen Geschichte jene Ideale wieder, die sie selbst bewegten.⁶

Diese Aktualisierung betrifft in gewissem Sinne auch Mommsens Behandlung des Geldes und der Geldpolitik. Gemeint ist in diesem Zusammenhang die eigentümliche und herausgehobene Stellung der Goldwährung, die Mommsen erst in seiner *Römischen Geschichte* an die Person Caesars geknüpft, die er weniger prononciert in seiner *Geschichte des römischen Münzwesens* vorgetragen, und die er sehr explizit in seinem Vortrag „*Das Geld*“ aus dem Jahre 1863 ausgeführt hat.⁷ Auf ihn ist deshalb in aller Kürze einzugehen, ehe die zeitge-schichtliche Dimension zur Sprache kommt.

I.

Das Geld darf, wie Mommsen zu Beginn ausführt, neben der Schrift als die bedeutendste menschliche Zivilisationsleistung gelten, geboren aus der Notwendigkeit des wirtschaftlichen Tauschgeschäftes und sich zunächst konkretisierend im Viehgeld, wobei das Rind die Rolle des Großgeldes, das Schaf die Rolle des Kleingeldes übernimmt. An die Stelle des Herdenviehs tritt im Zeichen gesteigerten Warenverkehrs das Metall, von größerer Dauerhaftigkeit und Beständigkeit als jedes Naturalgeld. „*Endlich und hauptsächlich ist das Metall unter allen Waren diejenige, die dem idealen Begriff des Wertes mit der mindesten Unvollkommenheit ausdrückt. Denn das Wesen des Wertes ist die Fähigkeit, gleich dem Quecksilber, sich unendlich zu teilen und zu verbinden; und diese Operation verträgt keine andere Ware so grenzenlos wie das Metall.*“ (248)

⁶ K. Christ, *Caesar, Annäherungen an einen Diktator*, München 1994, 134ff. Rebenich (Anm. 2) 85ff.

⁷ Gehalten in der Singakademie zu Berlin, abgedruckt im *Grenzboten* 22, 1863, 381ff.; danach in Mommsens *Gesammelte Reden und Aufsätze*, Berlin 1905, 245ff. (danach zitiert).

In dieser flexiblen Quantifizierung des Metalls, die dann später in Georg Simmels epochemachendem Werk *Philosophie des Geldes* eine zentrale Rolle spielt, dort freilich anthropologisch begründet wird,⁸ kommt gewissermaßen als Steigerung die Qualität des „*edlen Metalles, des Goldes und des Silbers hinzu, weil sie müßig gehen, genau genommen in der Wirtschaft überflüssig sind.*“ (248).

Sie können die Aufgabe, als Zwischenträger und als Vermittler von Waren umso besser übernehmen, als sie im industriellen Fertigungsprozess, anders als etwa Eisen, Kupfer und Zinn, wie Mommsen sagt, keine Rolle spielen, zudem ihr Verbrauch in einem festeren Verhältnis zu der „*Gesamtzahl der zivilisierten Menschheit*“ steht als die anderen Metalle (249).

Diesem Mangel an ökonomischen Nutzen entspricht auf der anderen Seite ein Mehr an Funktionalität, die für Mommsen im Papier- bzw. Kreditgeld seiner Zeit gipfelt. Dieses Material wird, davon ist Mommsen überzeugt, der ideale und zukunftssträchtige Ausdruck der europäischen Nationalökonomien („*die Zettel der großen Gemeinwesen Europas*“) sein, der freien Gemeinwesen, die über Quantität und Qualität des Geldes selbständig bestimmen und sich von niemandem Vorschriften machen lassen. Die Koppelung an die Wirtschaftskraft und das Gemeinwohl werden die „*Zettel*“, wie er das Papiergeld nennt,⁹ fester machen, als dies Gold und Silber je erreichen können, die bei aller relativen Festigkeit doch Schwankungen unterworfen sind. Hinter dieser Vision Mommsens wird ein Begriff von Geld greifbar, der dies als Gegenwert zur Summe in einer Nationalökonomie erwirtschafteten Güter und Leistungen begreift,¹⁰ also durchaus modern ist, und sich von der Theorie des Metallismus und der Warentheorie deutlich unterscheidet, die für die antiken Verhältnisse im Allgemeinen als Erklärung herangezogen werden und die auch Mommsen an anderer Stelle zur Erklärung inflationärer Tendenzen in Anspruch nimmt (vgl. S.16 f.).¹¹

⁸ G. Simmel, *Die Philosophie des Geldes*, Berlin 1900, 385ff.: der Mensch als das tauschende Tier, das auf Verobjektivierung von Leistung und Gegenleistung aus ist und für seine Schätzung genaue Äquivalenzen benötigt. Zur Genese des Münzgeldes A. Eich, *Die politische Ökonomie des antiken Griechenland*, Köln-Weimar-Wien 2006, 463ff. (Lit.). R. Osborne, in: W. Scheidel, u. a. Hgg., *The Cambridge Economic History of the Greco-Roman World*, Cambridge 2007, 292ff.

⁹ Zur Geschichte und Entwicklung der „Zettelwirtschaft“ zur Papierwährung vgl. K. Helfferich, *Das Geld*, Leipzig 19102, 71ff.; M. North, Hg., *Von Aktie bis Zoll*, München 1995, 41ff. s. v. Banknote (K.E. Born).

¹⁰ Vgl. K. Bienert, *Geldwirtschaft in Stichworten*, Kiel 1975, 23f. (in Anlehnung an F. Bendixen).

¹¹ Vgl. die Diskussion bei K. Strobel, *Geldwesen und Währungsgeschichte des Imperium Romanum im Spiegel der Entwicklung des 3. Jahrhunderts n. Chr. – Wirtschaftsgeschichte im Widerstreit von Metallismus und Nominalismus*, in: K. Strobel, Hg., *Die Ökonomie des Imperium Romanum*, St. Katharinen 2002, 86ff.

Es ist für Mommsen bezeichnend, dass er die Geschichte des Geldes als einen Prozess begreift, der bis in die eigene Zeit reicht, Kontinuitäten und Diskontinuitäten kennt. Das Altertum erlebt das Fortschreiten von den Metallen zur eigentlichen Münze, und dies bedeutet, wie Mommsen nachdrücklich betont, einen genuin *politischen* Akt. Die Münze „als mächtiger Faktor in der politischen Entwicklung“ konnte dabei nur im Occident entstehen. Der Orient mit seinen Reichen und Despotien und seiner Vorliebe für das Aufhäufen von Schätzen kennt zwar den Handel mit Gold und Silber, aber die eigentliche Münze hat sich auf dem asiatischen Boden durch *Griechen* entwickelt (254f.); dies mit einer gewissen Notwendigkeit, da sie ein Ausfluss der Politie, des verfassten Gemeinwesens, darstellt. Und es war Kleinasien, die Stadt Phokaia, in der die erste Münze in Form eines Gold, – genauer eines Elektronstaters geschlagen wurde, dort, „wo Asien und Europa sich berühren“ und ein fruchtbarer kultureller Austausch zwischen Orient und Occident sich in vielfältiger Weise aussprach (255f.). Politische, ökonomische, künstlerische und technologische Momente, in den Worten Mommsens: *Staat-, Handel-, Kunst und Wissenschaft bildeten die treibenden Kräfte*, die im späten 7. Jahrhundert eben in dieser kulturellen Gemengelage die Münze auf den Weg brachten, von wo aus sie ihren Siegeszug in die griechisch-römische Welt antrat. Wenn Mommsen vor gut 150 Jahren die Geburt des Münzgeldes an die fruchtbare Schnittstelle zwischen Europa und Asien bindet, dann nimmt er auf numismatischem Gebiet etwas vorweg, was in unserer Zeit Walter Burkert für die Religion, Literaturwissenschaftler wie J. Latacz und M.L. West für die Homerischen Epen gezeigt haben.¹²

Mommsens ingeniose Konstruktion der Entstehung des Münzgeldes beruht auf Kenntnissen in der Mitte des 19. Jahrhunderts, und es ist nicht unsere Absicht, diesen Entwurf in all seinen Punkten zurechtzurücken. Dass die Frühgeschichte des gemünzten Edelmetalls nicht in Phokaia ihren Ausgang nahm, wie wir heute wissen, sondern höchstwahrscheinlich in Lydien,¹³ soll uns nicht weiter bekümmern. Erkennbar spielt der idealtypische Gegensatz Orient/Okzident für Mommsen die entscheidende Rolle: Dort despotische Herrscher, das Sammeln von Schätzen, das Austeilen an Untergebene und Untertanen nach Bedarf – dies erinnert stark an die später sogenannte asiatische Produktionsweise¹⁴ – hier die

¹² W. Burkert, *The Orientalizing Revolution, Near Eastern Influence on Greek Culture in the Early Archaic Age*, Cambridge Mass. 1992; J. Latacz, *Troja und Homer*, Leipzig 2005; M. L. West, *The East Face of the Helicon: West Asiatic Elements in Greek Poetry and Myth*, Oxford 1997.

¹³ Zum Beginn der Münzprägung Ch. Howgego, *Geld in der Antiken Welt*, Darmstadt 2002, 1ff.; G. le Rider, *La naissance de la monnaie*, Paris 2001, Eich (Anm. 8), 463ff.

¹⁴ Asiatische Produktionsweise im Sinne von K. Wittvogel: L. Krader, *Asiatische Produktionsweise*, in: W.F. Haug, Hg., *Historisch Kritisches Wörterbuch des Marxismus I*, Berlin 1994, 628ff. zur Distribution in der ägäischen Bronzezeit Bennet bei Scheidel (Anm. 8), 201ff.

Entwicklung öffentlicher und eigenverantwortlicher Gemeinwesen, die Kreierung der Münze als politisches Zeichen, das vielfältige Kulturleistungen bündelt.¹⁵ Der Goldstater griechischer Provenienz auf asiatischem Boden bedeutet in den Augen Mommsens für die Münzgeschichte einen signifikanten und wegweisenden Anfang. Es handelt sich dabei in der Sache um ein schwergewichtiges Elektronstück (16,52 g), wohl kurz nach 600 geprägt mit einem Seehund auf der Vorder- und zwei incusen Quadraten auf der Rückseite, also eine spezifische Gold-Silberlegierung, die auch einen kleinen Anteil Kupfer enthielt.¹⁶

Gold- und/oder Silberwährung, dies ist nun für Mommsen im folgenden das beherrschende Thema, die Suche und Fixierung nach einem festen Verhältnis, das einem funktionierenden Geldsystem als Grundlage dienen muss, aber wegen des schwankenden Angebotes der beiden Edelmetalle nie vollständig zu erreichen ist. Für ihn ist klar, dass Bimetallismus damals wie heute das Münzwesen zerrüttet und in der Alten Welt *„Krise nach Krise über die Völkerökonomie herbeigeführt hat“*, mit der unausweichlichen Folge, dass *„frei und weitblickende Staatsmänner das Silber aufgaben und zum ausschließlichen Goldverkehr übergingen“* (258). Es ist dies eine Entscheidung, die Mommsen sowohl für das Altertum wie für seine eigene Zeit vindiziert, sie hat in der griechisch-römischen Epoche ihren Niederschlag in Münzordnungen gefunden, die vom *„praktisch-politischen Verstand ihrer namenlosen Schöpfer“* zeugen (258).

Wer Mommsens Arbeitsweise kennt, seine konsequente Suche nach Intentionalität, nach Sinnhaftigkeit des historischen Materials, die, wie im *Römischen Staatsrecht*, vor gewaltsamen Interpretationen nicht zurückschreckt,¹⁷ der wird eine derartige weitreichende Schlussfolgerung nicht überraschend finden. Wie weit man in diesem Zusammenhang von regelrechten Münzordnungen sprechen kann, ist ja ebenso eine Frage wie die nach der Geltung des anderen Edelmetalls, des Silbers, das in der praktischen Handhabung über viele Strecken der antiken Geldgeschichte den Ton angab.

Die weiteren Ausführungen, die den Weg der Goldwährung bis zum Ende der antiken Welt weiterverfolgen, können nur einen Teil der Geldgeschichte zur

¹⁵ Th. R. Martin, Why did the Greek Polis Originally Need Coins? *Historia* 45, 1996, 257ff., Eich (Anm. 8), 409ff.

¹⁶ F. Bodenstedt, Die Münzen von Phokaia und Mytilene, Tübingen 1981, 51f.; Göbel, Numismatik II Nr. 1034; H. Moesta, P. R. Franke, Antike Metallurgie und Münzprägung, Basel 1995, 11ff.

¹⁷ Vgl. W. Nippel, Geschichte versus System in Mommsens „Staatsrecht“, in: Kaenel (Anm. 4), 215ff.; H. Kloft, Verantwortung und Rechenschaftspflicht, Überlegungen zu Mommsens Staatsrecht, Festschrift K. Christ, Stuttgart 1998, 424ff.

Sprache bringen. Mommsen spannt den Bogen vom phokäischen Goldstater über die Goldprägungen des Lyderkönigs Kroisos, die goldenen Dareiken der Perserkönige bis hin zu den Goldmünzen Philipps von Makedonien und Alexander d. Großen, „*eine Unterwerfung des Orients unter die griechischen Machthaber ebenso wie die des Occidents unter die Goldwährung des Ostens*“ (260), sozusagen eine monetäre Hellenisierung mit wechselseitigen Auswirkungen. Nach langer Unterbrechung war es Caesar, der die Prägung des „Reichsgoldes“ wieder aufnahm; mit ihm wird die Goldwährung auch im Westen vorherrschend, die ein Symbol und Privileg des neuen Kaisertums darstellt; wie überhaupt das römische Kaisertum bzw. das antike Großkönigtum und Goldprägung aufeinander bezogen sind. In ihr hat der „*politische Begriff seinen anschaulichen Ausdruck gefunden*“ (263). Damit fasst Mommsen eine Entwicklung von über 2.000 Jahren zusammen, die vom phokäischen Goldstater bis hin zum byzantinischen Bezant d’or reicht, dem goldenen Byzantiner, der durch die Kreuzzüge auch im Westen Verbreitung gewann.¹⁸ Machtvolle und große politische Herrschaft äußert sich in einer spezifisch-monetären Ordnung, eben in der Goldwährung, dem Monochrysismus, der die politische Dominanz optisch wie ökonomisch sinnfällig macht. Dies lehrt die Geschichte, wie er am Schluss betont, es ist „*eine vollständig erweisliche geschichtliche Wahrheit*“ (263).

Mommsen hat damit einen Tatbestand ins Grundsätzliche überführt, den er in seiner *Römischen Geschichte* wenige Jahre vorher an Caesar exemplifiziert hatte. Die Apotheose des Juliers, der in seiner Person als Demokratenkönig Monarchie und Republik miteinander zum Ausgleich bringt und als Staatsmann den notwendigen Umbau des zerrütteten aristokratischen Gemeinwesens in ein Weltreich planvoll und zukunftsweisend vollzieht, muss man nicht im Einzelnen erneut darlegen (vgl. Anm. 6). Bezeichnenderweise gehört in diesen Reichsausbau auch und vor allem die Etablierung des *aureus* hinein, welche die Silberwährung an die zweite Stelle setzt. „*Mit Caesar aber beginnt die Reichsmünze. Ebenwie Alexander bezeichnet auch er die Gründung der neuen, die zivilisierte Welt umfassende Monarchie dadurch, dass das einzig weltenvermittelnde Metall auch in der Münze den ersten Platz erhielt*“. Diese Caesarische „Reichsmünzenordnung“ soll sich im Gewicht des Aureus bewusst an den schweren Goldmünzen Alexanders orientieren,¹⁹ wobei, wie Mommsen selbst zugibt, das Verhältnis zu den regionalen Silberwährungen, vom Denar zur Drachme, schwierig bleiben. Sie stellen aber nichtsdestoweniger die notwendige Ergänzung zur Goldprägung dar in nachgeordneter Positi-

¹⁸ Zum Bézant d’or von Schrötter, Wörterbuch der Münzkunde, Berlin 1930, 73.

¹⁹ Mommsen, *Römische Geschichte* III, 565f., dazu B. Woytek, *Arma et nummi*, Forschungen zur römischen Finanzgeschichte und Münzprägung der Jahre 49 bis 42 v. Chr., Wien 2003, 253ff.

on, gleichsam eine „hinkende Doppelwährung“, wie man dies im 19. Jahrhundert genannt hat.²⁰

Umfänglicher, aber im Prinzip sehr ähnlich, wird in der *Geschichte des römischen Münzwesens* die Goldprägung Caesars und seiner Nachfolger dargelegt,²¹ wobei in der Aussage: „*Caesar habe das Gold als zweites Primärmaterial neben das Silber gestellt*“ (768), – jenes sei dann freilich unter Nero und Vespasian dominant geworden, während das Silber zu einer reell geprägten silbernen mittleren Scheidemünze geworden sei – das Verhältnis und die kaiserliche Zuständigkeit für beide Edelmetalle dann doch noch etwas anders gesehen wird. Aber auch hier gilt der Satz: „*Das Reich Caesars konnte ohne Goldmünze so wenig bestehen wie das Reich Alexanders*“ (768). Der Versuch, zwei „*Primärmetalle*“ nebeneinander existieren zu lassen, war letztlich zum Scheitern verurteilt, nicht nur deshalb, weil darin eine „*unlogische und unpraktische Koordinierung*“ sich aussprach, sondern weil die „*absolute Monarchie*“ in der Spätantike das Münzwesen überhaupt zerrüttete (768f.). Der Antoninian wurde zum „*Papiergeld jener Zeit*“, an dem sich der Bankrott des gesamten römischen Münzwesens zuverlässig ablesen ließ.²² Die historische Entwicklung des 3. Jahrhunderts vollzog damit im monetären Bereich, was in nuce im System selbst angelegt war.

II.

Gold als die von Caesar inaugurierte imperiale Leitwährung, gleichzeitig die Verwerfung des bimetallistischen Geldsystems: in dieser Ansicht und Entscheidung präsentiert sich Mommsen, wie bereits angedeutet, als Kind seiner Zeit, die ganz ähnliche Probleme kennt.²³ Wo der Altertumswissenschaftler Momm-

²⁰ Zur „hinkenden Doppelwährung“ von Schrötter (Anm. 18), 156f. Caesars Aureus von 8,07 g bedeutete den 40. Teil des römischen Pfundes und schrieb mit 25 Silberdenaren das Verhältnis von Gold zu Silber mit ca. 1:12 bis auf die neronische Münzreform fest, vgl. Duncan-Jones (Anm. 41), 216f. Alexanders Münzprägung setzt den makedonischen Goldstater, den sog. Philippeios mit 8,6 g auf 20 attische Drachmen und schafft in diesem Verbundsystem so etwas wie ein Weltwährung, S. Lauffer, Alexander der Große, München 1981, 209; von Schrötter (Anm. 18), 509 s. v. Philippeios. Beide Herrscher orientieren sich also an das für ihre Zeit maßgebliche metrologische System, eine Orientierung Caesars an den hellenistischen Vorläufern scheint ausgeschlossen.

²¹ Mommsen, Münzwesen 402f., 408f., 739ff., besonders 750f.

²² Mommsen, Münzwesen 768f.; H. Brandt, Mommsens Sicht von Münze und Geld in der römischen Kaiserzeit und Spätantike, in: Kaenel (Anm. 4), 192.

Der Antoninian als „das Papiergeld jener Zeit“ bei Mommsen, Münzwesen 830; durch aus andere Wertung bei Strobel (Anm. 11), 94ff.

²³ J. Lichter, Goldwährung oder Doppelwährung. Der Bimetallismusstreit im Deutschen Reich, Bankhistorisches Archiv 2, 1996, 15ff.

sen historisch am Beispiel der historischen Kaiserzeit argumentiert, so tut dies wenig später sein einflussreicher Freund Ludwig Bamberger politisch und ökonomisch dort, wo es um die Erstellung eines soliden Währungssystems für den deutschen Bund bzw. das Deutsche Reich nach 1871 geht. Ludwig Bamberger (1823-1899), aus einer jüdischen Kaufmanns- und Bankiersfamilie in Mainz stammend, war wie Mommsen „*ein alter Achtundvierziger*“ (A. Heuß), hatte nach der gescheiterten Revolution Deutschland verlassen müssen und sich in London und Paris als Bankfachmann hervorragende Kenntnisse auf dem Gebiete des internationalen Geldmarktes erworben. Er war dann 1866 nach Deutschland zurückgekehrt, hatte sich der nationalliberalen Bewegung angeschlossen und stellte seine Erfahrungen, Kenntnisse und Überzeugungen in den Dienst der nationalen Einigung.²⁴ Das führte ihn, der von 1871-1893 im Reichstag saß (zunächst als Nationalliberaler, ab 1880 als Secessionist) anfänglich an die Seite Bismarcks, dessen Übergang zur Schutzzollpolitik 1879 für ihn wie für viele seiner Gesinnungsgenossen, eben auch Mommsen, den Bruch und den Übergang zu einer Fundamentalopposition gegen Kanzler und Konservative bildete. Unter der Dominanz der Nationalliberalen im Parlament nach 1871 und mit dem Rückhalt des Kanzleramtes und seines Präsidenten Rudolf Delbrück konnte er sein wichtigstes Anliegen in den 70er Jahren durchsetzen: die Errichtung eines einheitlichen deutschen Finanzsystems, das der nationalen Einigung ein solides monetäres Fundament verschaffen sollte.²⁵ Dies war ein längerer und konfliktreicher Prozess. 1873 wurde durch ein eigenes Münzgesetz die Mark als Geldeinheit des Deutschen Reiches auf der Basis der Goldwährung eingeführt, 1875 kam es vor allem durch die Initiative von Bamberger und Lasker, den Nationalliberalen, zu einem allgemeinen Bankengesetz und zur Einrichtung einer Reichsbank als zentraler Notenbank des Deutschen Reiches, womit eine dominante Goldwährung festgeschrieben wurde. Dies bedeutete für das Deutsche Reich sowohl den Umlauf von Goldmünzen (die legendäre Goldkrone) wie das Vorhalten einer Goldreserve in der Höhe eines Drittels des gesamten Banknotenumlaufs. Die Tatsache, dass in der Folgezeit nahezu alle wichtigen europäischen Handelsländer auf die Goldwährung einschwenkten, die bis zum Ausbruch des Ersten Weltkriegs funktionierte und entscheidende Dienste bei der Entwicklung einer „*modernen Weltmarktwirtschaft*“ (Born 1977, 14) leistete, zeigt an, worauf es Bamberger ankam, wenn er sich vehement für den Monochryismus, für die dominante Goldwährung und gegen die Doppel-

²⁴ K. Helfferich, Hg., L. Bamberger, Ausgewählte Reden und Aufsätze über Geld und Bankwesen, Berlin 1900, 1ff. (Einleitung); A. Heuß, Theodor Mommsen und das 19. Jahrhundert, Kiel 1956, 206f. Zu Bamberger ADB 1, 572ff. s. v. Bamberger, L. (Th. Heuß). B. Köhler, Ludwig Bamberger, Revolutionär und Bankier, Stuttgart 1999.

²⁵ K. Born, Geld und Banken im 19. und 20. Jahrhundert, Stuttgart 1977, 12f. und 34f., ders. bei North (Anm. 9), 334f., s. v. Reichsbank (Lit.).

währung mit dem zweiten Primärmaterial Silber, den Bimetallismus aussprach.²⁶ Zum einen galt es, durch einen stabile einheitliche nationale Währung sich im europäischen monetären Konkurrenzkampf zu behaupten, gleichwohl aber auf vergleichbarer Basis in einen friedlichen Wettbewerb eintreten zu können; diesem außenpolitischen Gesichtspunkt konvergierte zum anderen eine innerpolitische Zielrichtung, die Existenz eines verlässlichen monetären Geldsystems, das unsolide Börsenspekulationen soweit wie möglich zurückdrängen und Preisstabilität garantieren sollte. Das Vorhaben entsprach durchaus nationalliberalen Wirtschaftsvorstellungen, die internationalen Handel und nationale ökonomische Macht zusammensahen. Diese liberale Wirtschaftspolitik wurde Ende der 70er Jahre heftig von konservativen Kreisen attackiert, als es zu Schwierigkeiten beim Getreideexport und -import kam, und die Landwirtschaft nach Schutzzoll und Doppelwährung rief, die vorgeblich einen besseren Wettbewerb mit den ausländischen Importen versprach.²⁷

Man muss an dieser Stelle nicht dem zähen Kampf zwischen den Anhängern des Monochryismus und des Bimetallismus weiter nachgehen, der eben auch eine Auseinandersetzung unterschiedlicher ökonomischer Interessen war, und in den 90er Jahren interessanterweise den Bimetallismus an der Seite des neu aufkommenden Antisemitismus sah.²⁸ Judentum, Welthandel und Goldwährung – das schien auf den ersten Blick eine logische Gleichung zu sein, gegen die man aus nationalen Gründen Front machen musste. Nicht nur Bamberger hat bis zu seinem Lebensende politisch und publizistisch für die Goldwährung gestritten und noch 1895 zusammen mit Adalbert von Delbrück und Karl Helfferich den „*Verein zum Schutz der deutschen Goldwährung*“ gegründet.²⁹ Auch Theodor Mommsen nahm als Freund und politischer Weggefährte 1883 in der ersten Nummer der liberalen Zeitschrift „*Die Nation, Wochenschrift für Politik, Volkswirtschaft und Literatur*“ gegen die Silberwährung und einen ihrer Hauptvertreter, Wilhelm von Kardorff in einer kurzen und für ihn be-

²⁶ Dies bezeichnenderweise bereits in einem 1861 in den Preußischen Jahrbüchern für Politik und Literatur veröffentlichter Aufsatz „Das Geld und die Silberfrage“, bei Helfferich (Anm. 24), 163ff.; später dann L. Bamberger, *Die Stichworte der Silberleute*, Berlin 1893. Man darf damit rechnen, dass Mommsen die Darlegungen Bambergers aus den renommierten Preußischen Jahrbüchern des Jahres 1861 kannte.

²⁷ Bamberger, *Stichworte* (Anm. 26), 94ff.; K. Borchardt, *Währung und Wirtschaft*, in: Deutsche Bundesbank, Hg., *Währung und Wirtschaft in Deutschland*, Frankfurt 1976, 3ff.

²⁸ Bamberger, *Stichworte* (Anm. 26), 5.

²⁹ Helfferich 1900 (Anm. 27), 194f.; Borchardt (Anm. 27), 39; sie war im Übrigen nicht strikt durchgeführt worden, da das Silber im Sinne einer „hinkenden Währung“ (dazu Bamberger, *Stichworte* 34f.) in einem limitierten Umfang ausgemünzt wurde und als Scheidemünze im tagtäglichen Austausch wichtig war, vgl. auch Borchardt (Anm. 27), 43. A. Weber, *Allgemeine Volkswirtschaftslehre*, Berlin 1958, 373f.

zeichnenden Glosse Stellung. „Für den Studirtisch des Herrn von Kardorff“ – dem einflussreichen Anhänger der Doppelwährung und des Schutzzolls empfahl er die Lektüre einer kürzlich gefundenen Inschrift aus Timghad in Nordafrika (Abb.1), in welcher für die Zeit des Kaisers Julian (361-363 n. Chr.) die Honorare (*sportulae*) für Rechtsgeschäfte im Getreidemaß (*modius*) zu entrichten waren, respektive in der Geldmenge, die für die Menge Getreide erzielt werden konnte. „Der Advokat soll erhalten für die einfache Klageschrift fünf Scheffel Getreide oder den Werth, für die Replik zehn Scheffel Getreide oder den Werth; bei Dringlichkeit der Sache fünfzehn Scheffel oder den Werth“. ³⁰ Es war dies eine Bezahlung in Naturalgeld, wie sie im Rahmen der spätantiken *annona* mit der Möglichkeit der *ad aeratio* üblich war, und die Mommsen zu einer allgemeinen Nutzenanwendung auszuweiten wusste. Kurz berührt er zu diesem Zweck die monetäre Ausgangslage im Reich.

Der Denar, der in Zeiten der Republik neben dem Schwert die Welt erobert hatte, war unter Caesar und Augustus, welche auf Goldwährung setzten, in einem festen Verhältnis weitergeführt worden. „Man beging den Fehler, formell den Bimetallismus einzuführen“, ein Fehler, der im Verlauf der Geschichte die völlige Entwertung des Silbergeldes mit all den unheilvollen Begleiterscheinungen, welche das spätantike monetäre System kennt, brachte, schließlich den Untergang und die Rückkehr zum Getreidegeld, wie es zu Urväterzeiten, d. h. zur Zeit des Königs Numa, gewesen war; dies bedeutete „die wahre Vollendung des bimetalistischen Systems“, wie der Schlussabsatz bei Mommsen lautete.

Beim aufmerksamen Leser steht die Nutzenanweisung des historischen Beispiels, wobei Mommsen pathetisch „den heiligen Geist der Geschichte“ zu Hilfe ruft: In welcher Weise man sich in Zukunft gegen ihn versündigen, ob die Goldwährung zugunsten einer Doppelwährung aufgegeben wird, das ist, wie Mommsen weiß, ungewiss. Aber wenn dies geschehen sollte, dann sind Verhältnisse wie in der Spätantike nicht ausgeschlossen, dann kann es sein, dass der Berliner Justizrath seine Rechnungen auf Getreidescheffel ausstellt, respektive auf die Summe, die an der Kornbörse als Äquivalent geboten wird. Die Doppelwährung mit der Gleichberechtigung des Silbers – dies ist ein in der Sache verkehrtes und in der römischen Kaiserzeit gescheitertes System.

³⁰ CIL VIII 17896, 25-34: Scolastici in postulatione simplici quinque modios tritici vel quinque modiorum praetia consequuntur; in contradictione decem modios tritici vel decem modiorum praetium consequuntur; in urgenti qui finienda sit quindecim modios vel quindecim modiorum praetia consequuntur. Th. Mommsen, Epigraphische und numismatische Schriften, Berlin 1913, 480 und 490 ff.
A. Chastagnol, L'Album municipal de Timghad, Bonn 1978, 75f., zu den *sportulae*, den Auszahlungen und Rechnungen, 81ff.

den verringert? Spricht nicht von der Gefährlichkeit, mit welcher man heute von der „Tasche des Aristokraten“ und morgen von der „Tasche des Zwischenhändlers“ und übermorgen von der „Tasche des Pächters“ spricht, ein gut Theil auf jeden aus irgend welchem Geschäft fließenden Gewinn über, den man bisher nicht nur als ethischen Verdienst, sondern auch als verdienten Lohn anzusehen gewohnt war? „Gieb' Obacht auf Deine Tasche!“ könnte man als Parole eines Defensivbundes ausgeben, wenn bei einem solchen nicht auch weit höhere Ziele in Frage kämen. Nicht um eine Koalition kleinerer oder größerer Geschäftsleute handelt es sich, welche von engem Gesichtskreise aus nur ihr Ich, nur ihre eigenen Interessen wahrnehmen können, sondern es handelt sich um den bewußten Widerstand gegen ein System, welches an die Stelle eines Staatswesens, das aus der freien, selbständigen wirtschaftlichen Arbeit seiner Bürger seine wahre, dauernde Kraft schöpft, eine Staatsmaschinerie zu setzen trachtet, welche, ein gefügiges Werkzeug in der Hand eines Machthabers, dem Einzelnen nur die Stelle eines Rädchen's zuweist. Wer den Kampf zwischen Verstaatlichung und freier Erwerbsthätigkeit in diesem Sinne aufstößt, der wird die Wichtigkeit der Entscheidung nicht nur für unsere wirtschaftliche Entwicklung, sondern auch für unser nationales Leben würdigen. Sollte aber nicht gerade darum eine große Vereinigung zur Vertheidigung der privaten Erwerbsthätigkeit am Platze sein, welche, ohne politischen Parteicharakter, die Gleichgesinnten sammelt, in ihnen und in weiteren Kreisen die Ueberzeugung von der Verfehrtheit der sozialistischen Projekte weckt, das Vertrauen in die Gerechtigkeit und Nützlichkeit unserer auf freier Konkurrenz beruhenden Wirtschaftsbildung neu belebt, die Mitglieder zum gemeinsamen Widerstande gegen jedes neue Verstaatlichungsprojekt vereint und den Einzelnen in der Bethätigung und Verbreitung seiner neu gesetzten Anschauungen fördert und leitet?

M. Br a u n e l.

Für den Studiertisch des Herrn v. Kardorff.

Der Dank für so manche heitere Stunde, die Herr v. Kardorff und Genossen und Antimetallisten mehr oder minder freiwillig bereitet haben, läßt sich der Regel nach nur in foro interiore darbringen; aber wo er einmal laut werden kann, soll es nicht unterbleiben, und so möchte auch ich eine kleine Befehdung auf den in der Ueberschrift genannten Studiertisch und die übrigen zu gleichem Zweck gebrauchten niederlegen.

Hinter in Afrika am Fuße des Ruessgebirges, in Timghad, der römischen Stadt Thamugadi hat sich im vorigen Jahr unter anderem für den Liebhaber merkwürdigen Resten des Alterthums ein Fragment eines Statthalters von Numidien aus der Zeit des Kaisers Julianus gefunden. Darin wird einmal die Ordnung geregelt, in welcher die Erzeugnisse und die bloßen Hochwohl- und Wohlgebornen bei dem Statthalter Audienz erhalten; dann aber werden die Sporteln festgesetzt, welche für gerichtliche Verurtheilungen zu zahlen sind. Hier heißt es unter Anderem: „Der Advokat soll erhalten für die einfache Klageschrift fünf Scheffel Weizen oder deren Werth; für die Replik zehn Scheffel Weizen oder deren Werth; bei Dringlichkeit der Sache fünfzehn Scheffel Weizen oder deren Werth“ und so weiter. Mir scheint, daß dieses unscheinbare Document wohl verdient, auch in weiteren Kreisen bekannt zu werden. Anfang und Ende berühren sich. Von König Numä sind keine ähnlichen Reglements erhalten; aber es hat große Wahrscheinlichkeit, daß, wenn er zu Gericht saß, seine Richter auch in Scheffeln Weizen bezahlt worden sind. Denn Münze gab es damals nicht und umsonst haben sie schwerlich ihren Dienst verrichtet. Wie ist es nun gekommen, daß eine große Zivilisation in dieser Hinsicht am Ende genau da anlangt, wo sie am Anfang stand? Wie erklärt sich das ernste und traurige Bild, daß die Zeit Numä's und die Zeit Julian's des Advokaten hierin sich gleichen wie dem unmündigen Kind der kindliche Greis?

Das ist einfach und nachweisbar das Werk des Bimetallismus.

Der römische Denar hat ebenso die Welt erobert wie das römische Schwert; man könnte an jenem allein, an seiner gewissenhaften, streng gleichmäßigen und reichlichen Prägung, an seiner allmählichen Ausdehnung erst über den Westen und weiter über den Osten, die Geschichte der römischen Republik schreiben. Mit der Monarchie kam der Sache nach die Goldwährung; aber man beging den Fehler formell den Bimetallismus einzuführen, das Verhältniß des Goldstückes zu dem Silberdenar gesetzlich zu fixiren. Eine Zeit lang hielt sich dieses System; die Goldprägung war so reichlich, daß der Denar wesentlich eine größere Scheidemünze ward; und Cäsar und Augustus waren insofern in besserer Lage als Herr v. Kardorff, als es damals kein unbequemes England und eigentlich überhaupt kein Ausland gab, und der lediglich auf sich gestellte römische Staat so vom Weltverkehr absehen konnte, wie es die heutigen Bimetallisten gern thäten, aber bei allem guten Willen doch nicht ganz fertig bringen. Trotz dessen verlangte der Bimetallismus sein Opfer. Die gesetzliche Bestimmung, daß das Silber in Grobzahlung nicht genommen zu werden brauche, fehlte und die erste wirklich schlechte Regierung — es war die des Kaisers Nero — brachte jenes Gleichgewicht zum Weichen. Aus der Münzgeschichte Roms, einer sehr belehrenden, erhellt der weitere Verlauf: die völlige Entwerthung des Silbergeldes, das von schlechtem Silber späterhin zu reinem Kupfer mit Silberbeschauung ward; die Knappheit der Goldprägung, bei der die Regierung in immer steigendem Maß verlor; der Differenzialkurs; die je nach der Liebbarkeit oder Unliebbarkeit der Beamten in Gold oder in Münze gewährten Besoldungen und Weihnachtsgeldgratifikationen; die Einführung des „Münzfußes“ unter das Grobgeld; die Agiologie der Banquieren auf den Kleinverkehr in der heillosen Weise ausgedehnt — man kann hinzufügen, der Untergang des Geldes. Denn so ist es doch zu bezeichnen, wenn zu Kaiser Julian's Zeit der Advokat wiederum bezahlt ward in Scheffeln Getreide; es ist alles richtig und in der Ordnung zugegangen und die wahre Vollenbung des bimetallistischen Systems.

Wie viele Verfehrtheiten und Nichtswürdigkeiten, wie viele weitere Sünden gegen den heiligen Geist der Geschichte die Zukunft noch begehen wird, darüber wird kein Verständiger zur Zeit eine Vermuthung sich gestalten. Ob wir wirklich bei uns zur Abschaffung der Goldwährung und zur gesetzlichen Gleichstellung nothwendig ungleicher Werthe gelangen, das weiß ich nicht. Aber wenn es geschieht, dann hat es allerdings große Wahrscheinlichkeit, daß der Berliner Lustigtrath der Zukunft seine Liquidation auf Scheffel Weizen stellt und wenn nicht diese selbst, so doch den Betrag, berechnet nach dem zur Zeit an der Kornbörsen kotirten Marktpreis des Weizens, von dem Klienten erhebt. Dies System hat im vierten Jahrhundert unserer Zeitrechnung und darüber hinaus im römischen Reiche gegolten. Theodor Mommsen.

Glossen eines Laien über den Werth des Menschen.

Engel's Schrift über den „Werth des Menschen“ ist Schuld daran, daß ich über etwas schreibe, wovon ich sachmäßig nichts verstehe. Einiges, was mir beim Lesen ein- und aufgefallen ist, möchte ich aussprechen, keineswegs den Gelehrten der „Nation“, von welchen wir eine förmliche Kritik zu erwarten haben, vorgeissen. Als Laie kann ich Engel's Rechnung nicht kontrolliren, aber vielleicht besser als ein Gelehrter Zeugniß dafür ablegen, daß die Rechnung auch den Laien interessieren kann und nicht nothwendig zu beunruhigen braucht. Was zunächst das Autorsverhältniß betrifft, so muß ich für meinen Theil sagen, daß ich beim Lesen der Schrift mich ausgezeichnet unterhalten und auch, wie ich mir einbilde, mich belehrt habe. Ich kann es freilich, wie gesagt, nicht kontrolliren, ob der Verfasser Recht hat, die Posten, welche auflaufen, ehe ein junger Mann höherer Bildung fix und fertig hergestellt ist, auf 27,550 Mark und 23 Pfennige zu beziffern, und ich ge-

Abb. 1: Theodor Mommsen: Für den Studiertisch des Herrn v. Kardorff, aus: Die Nation I, 1883, S. 152

Geschichte, nicht nur als politische,³¹ sondern, in einem erweiterten Sinne, auch als ökonomische Pädagogik kann lehren, dass man offen zutage liegende Fehler nicht noch einmal begehen soll. Satirisch zugespitzt und mit leichter Hand weiß Mommsen das spätantike Zeugnis auf die Gegenwart zu münzen, besser gesagt, er überlässt es dem Leser, aus dem antiken Beispiel die richtigen Schlüsse zu ziehen.

Dabei haben bekanntlich derartige Vergleiche immer etwas Problematisches an sich. In einer anonymen Replik auf einen Vergleich Bismarcks im Jahre 1885, der sich für die Einführung eines Schutzzolles auf einheimisches Getreide auf Mommsens Römische Geschichte und die Lage der italischen Agrarwirtschaft berufen hatte, führt der Verfasser, wahrscheinlich Mommsen selbst, aus:

*„Historische Analogien sind ein anmuthiges Spiel, welches aber durchaus darauf beruht, dass die Bedingungen der einen oder beider verglichenen Thatsachen nicht mit völliger Deutlichkeit erkannt werden. Wenn irgendwo sind im Kreise der Bodenwirthschaft die groben äußerlichen Parallelen nur gut um die Unwissenheit zu bestricken. Die altrömischen Latifundien, die, wie noch heute die lombardischen, nichts sind als ein Komplex von Kleinwirthschaften in einer Hand, und die Latifundien in Pommern und Preußen mit ihrem einheitlichen Großbetrieb sind ungefähr so verschieden wie das Federmesser und der Stiefel; und doch ist nichts üblicher als mit beiden wie mit gleichartigen Größen zu operieren. Ist die Geschichte, wie es scheint, dazu da, um von Thoren missverstanden und von Klugen missbraucht zu werden, so hat sie in diesem Fall ihre Bestimmung erfüllt.“*³²

III.

Die Warnung des Autors vor allzu leichtfertigen historischen Parallelen trifft, wie man unschwer nicht nur in diesem Falle erkennen kann, auf Mommsen selbst zu und führt auf den Vergleich antiker mit moderner Goldwährung zu-

³¹ Geschichte als politische Pädagogik: Rebenich (Anm. 2), 95f. G. Hübinger, Gelehrtenpolitik und Machtpolitik im Kaiserreich. Theodor Mommsen und Otto von Bismarck, in: Wiesehöfer (Anm. 2), 91. J. Malitz, „Ich wünschte, ein Bürger zu sein“. Theodor Mommsen im wilhelminischen Reich, in: K. Christ, A. Momigliano, Hgg., Die Antike im 19. Jahrhundert in Italien und Deutschland, Berlin 1988, 356f.

³² Die Nation 2, 1885, 222. Es geht in der Replik um die Erhöhung der Getreidezölle im deutschen Reich, die Bismarck mit Hinweis auf die römischen Verhältnisse und Mommsens Analyse in der Römischen Geschichte I, 840f. vor dem Reichstag rechtfertigte. Mommsens Erwiderung wäre auch aus seiner persönlichen Feindschaft zum Reichskanzler hier nur zu verständlich, Mommsen als Verfasser: Malitz (Anm. 31) mit Bezug auf eine Äußerung Th. Barths im Briefwechsel mit Mommsen.

rück. Kann man den Bimetallismus in den Währungen des 19. Jahrhunderts, der nicht allein von der Verfügbarkeit, dem Preis und dem Verhältnis von Gold zu Silber abhängig ist und ab 1865 eine lateinische Münzunion unter der Führung Frankreichs zu Grunde gelegt wurde – kann man diese moderne monetäre Form mit dem römischen Befund überhaupt vergleichen? Als in Deutschland 1873 die Goldwährung die ab 1857 vorherrschende Silberwährung ablöste, besaß dies ganz handfeste wirtschaftspolitische Gründe: „*Die Reichsbank wurde 1875 auf einem Berg von Gold gegründet*“,³³ wie dies ein Kenner der Materie formulierte. Die Reparationen, die Frankreich in Höhe von 4,5 Milliarden Mark zu zahlen hatte, wurden teils in Goldmünzen überwiesen, teils wurden die Wechsel in London in Goldbarren konvertiert, so dass ein gewaltiger Fundus an diesem Edelmetall bestand. Er wurde in der Folgezeit durch Goldkäufe auf dem internationalen Markt kontinuierlich abgesichert und erweitert,³⁴ die in Deutschland eine Goldkernwährung (d. h. mit Goldumlauf) ermöglichte, was selten war.

Blickt man auf die antiken Verhältnisse zurück, so springen durchaus vergleichbare Situationen und Tatbestände ins Auge, die freilich von Mommsen nicht weiter gewürdigt werden, die aber gerade für die antiken Verhältnisse wichtig waren.

Den gewaltigen französischen Reparationen entspricht in gewisser Weise die große Kriegsbeute, insbesondere die an Edelmetall, die Caesar auf seinem großen Triumph im Jahre 46 v. Chr.³⁵ mit sich führte und der laut Appian (B.C. 2,102) 60.500 Silbertalente und Goldkronen im Werte von 20.414 röm. Pfund umfasste. Als Dispositur über die *praeda* konnte der Triumphator gewaltige Donative an die Soldaten verteilen, gestaffelt nach Dienstgraden von 5.000 Denaren bis zu 20.000 Denaren. Man wird nicht fehlgehen in der Annahme, dass es *aurei* waren, die zur Verteilung kamen. Somit beginnt aus einem ganz konkreten Anlass im Jahre 46 v. Chr., wie bereits Max Bahrfeldt betont hat, die regelmäßige Ausprägung von Goldmünzen, „*die ihre überragende Stellung im römischen Münzsystem nicht weiter eingebüßt hat*“.³⁶ Sie hat ihren materiellen Hintergrund in

³³ So D. Marsh, *Die Bundesbank*, München 1992, 121; vgl. auch Born (Anm. 25), *Geld und Banken*, 13f.

³⁴ Zu den Goldaufkäufen der Reichsbank K.E. Born bei North (Anm. 9), 334, s. v. Reichsbank (Lit.).

³⁵ *Triumph über Gallien, Ägypten und die Könige Pharnakes und Juba*, M. Gelzer, Caesar 1960, 263f.; St. Weinstock, *Julius Caesar*, Oxford 1971, 76ff.

³⁶ M. Bahrfeldt, *Die römische Goldwährung*, Halle 1923, 30ff.; die Goldschwemme führt zu einer temporären Abwertung gegenüber dem Silber (Suet. Caes. 54, vgl. R. Wolters, *Nummi signati*, München 1999, 372f.). Woytek (Anm. 19), 253ff., spricht vom Gold als der Basis des römischen Währungssystems, ebenfalls E. Lo Cascio, in: Scheidel (Anm. 8), 628. Das meint freilich etwas anderes als Goldwährung.

der gewaltigen Kriegsbeute an Gold und Silber. Gold hat nach 29 v. Chr. auch der Sieger von Aktium, Octavian, im Osten geprägt und die Goldprägung an verschiedenen Stellen lokalisiert, ehe 15 v. Chr. die Prägung von Gold und Silber in der Hauptsache nach Lugdunum verlagert wurde.³⁷ Auch in diesem Fall bedeutete die Erbeutung des ptolemäischen Reichsschatzes eine nicht zu verachtenden Ausgangsposition für die Goldprägung, eine generelle Vermehrung des Edelmetalls auf dem Geldmarkt, die Auswirkungen auf den Zinsfuß und auf die Grundstückspreise hatte, wie der Biograph Sueton vermeldet.³⁸ Möglicherweise hat auch der gewaltige Zustrom von Gold und Silber nach dem Sieg über die Thraker, den Trajan 107 n. Chr. erfochten hat – nach Johannes Lydus (Mag. 2,28) waren es 5 Mio. Pfund Gold und 10 Mio. Pfund Silber – zu Veränderungen in der Relation Gold-Silber geführt;³⁹ aber offensichtlich waren diese „temporären Spritzen“, um es einmal so zu bezeichnen, in der hohen Kaiserzeit nicht imstande, das generelle Geldsystem des Prinzipats nachhaltig zu beeinflussen.

Wir können die vielen Finanzprobleme, die unsere Beispiele aufwerfen, nicht weiter thematisieren noch gar beantworten. Es geht im Sinne unseres Vergleiches lediglich um zwei wesentliche Feststellungen. Beutegelder und ihre Ausmünzungen besaßen bei Caesar, bei Augustus und Trajan eine nicht zu unterschätzende Bedeutung für den Geldmarkt, aber dieser war keineswegs langfristig und ausschließlich auf sie angewiesen. Im Sinne der Kontinuität war die normale Produktion der Gold- und Silberminen im Reich,⁴⁰ vor allem in Spanien und Gallien, dann später in Dakien, wesentlich wichtiger, was auch bedeutet, dass Rückgang, Stocken oder gar Aufgabe der Förderung entscheidendere Folgen hat. Zum anderen lässt sich nicht in Abrede stellen, dass der Silberdenar von Beginn der Kaiserzeit an eine gleich gewichtige, was eben nicht heißt: gleich wertige⁴¹ Rolle im Geldsystem spielte. Schon Caesar flankierte die Goldprägung durch einen umfangreichen Ausstoß von Silbermünzen im Jahre 44; die Reichswährung des Augustus basierte, wie Dietmar Kienast betont hat, auf dem Silbergeld, dem Denar, der im Vergleich zu den Provinzialprägungen im gewissen Sinne Leitwährung bedeutete.⁴² Von einem bimetallistischen System

³⁷ Bahrfeldt (Anm. 36), 115ff.; BMC I, XV, 92ff.; die Einzelheiten bei Wolters (Anm. 36), 46ff.

³⁸ Suet. Aug. 41,2; Wolters (Anm. 36), 374.

³⁹ Die Diskussion bei Wolters (Anm. 36), 400ff.

⁴⁰ Dazu J.F. Healy, Mining and Metallurgy in the Greek and Roman World, London 1978, 47ff.; Wolters (Anm. 36), 53ff.

⁴¹ Zu den Verhältnissen R. Duncan-Jones, Money and Governance in the Roman Empire, Cambridge 1994, 215ff., Wolters (Anm. 36), 371ff.

⁴² D. Kienast, Augustus, Princeps und Monarch, 1994, 316f., vgl. auch M.H. Crawford, Coinage and Money in the Roman Republic, London 1985, 256f. Zu Caesar M. Jehne, Der Staat des Diktator Caesar, Köln, 1987, 74.

sprach denn auch bereits Gunnar Mickwitz im Jahre 1932.⁴³ Auch A.H.M. Jones äußert sich in der gleichen Weise: „*For two centuries the Roman Empire succesfully operated a bimetallic currency*“ (Roman Economy 191). Als „*tri-metallic*“ stuft gar D.W. Rathbone das kaiserliche Finanzsystem in der neuen *Cambridge Ancient History* ein. Das dürfte den realen Bedürfnissen des Handels wohl entsprochen haben. In Pompeji liefen „*Gold-, Silber- und Bronzemünzen parallel um*“ (Wolters 1999, 375), was durchaus damit vereinbar ist, dass Hortfunde aufgrund ihrer Aufbewahrungsfunktion, eine ganz andere Zusammensetzung aufweisen.⁴⁴

Insgesamt lässt sich also festhalten, dass Silbergeld, selbst der vielgescholtene Antoninian, bis weit ins 3. Jahrhundert n. Chr. hinein seine Funktion als reales Geldäquivalent hat weiter wahrnehmen können, auch in den Hortfunden des 3. Jahrhunderts ist er vertreten.⁴⁵ Der Befund, der sich aus der Analyse der neueren Thesaurierungen nahe legt, spricht sehr entschieden gegen Mommsens Auffassung vom Antoninian als „*Papiergeld jener Zeit*“ und als Indikator des Münzbankrotts in der Spätantike. Erst die politische und ökonomische Vertrauenskrise in der zweiten Hälfte des 3. Jahrhunderts n. Chr. scheint die Währung nachhaltig erschüttert zu haben.⁴⁶

Die durchgehende Unterschätzung des kaiserzeitlichen Silbergeldes im Vergleich zum übertrieben hochgeschätzten Golde bei Mommsen hat Ursachen, die nicht seiner historischen Analyse allein zu verdanken sind, sondern die, wie betont, in den Problemen der Zeit liegen. Zum einen macht er, wie viele seiner Zeitgenossen und numismatischen Nachfahren, den Geldwert vom Metallwert und vom Münzgewicht abhängig. Dies steht diametral entgegen einer Auffassung, die vom „*fiduziären Nominalwertcharakter des Geldes*“, wie dies Karl Strobel genannt hat, spricht, was eine weitgehende Marktorientierung am angegebenen Wert der Münze bedeutet. Ohne in die komplexe Diskussion um Nenn- und Metallwert kaiserzeitlicher Münzen näher eintreten zu wollen,⁴⁷ wird doch ersichtlich, dass Mommsens Schlussfolgerungen zum Währungsverfall in der Kaiserzeit sich vornehmlich an die Verschlechterung und der Abknappung des

⁴³ G. Mickwitz, Geld und Wirtschaft im römischen Reich des 4. Jahrhunderts n. Chr., Helsingfors 1932, 33; F. Beyer, Geldpolitik in der römischen Kaiserzeit, Wiesbaden 1995, 45ff., weiter Wolters (Anm. 36), 401.

⁴⁴ Strobel (Anm. 11), 94ff. A.H.M. Jones, The Roman Economy, Oxford 1974, 191; D.W. Rathbone, The Imperial Finance, in: CAH X, Cambridge 19962, 317. P. Haupt, Römische Münzenhorte des 3. Jahrhunderts in Gallien und den germanischen Provinzen, Grumach 2001, 239ff. zu den Profilen der Hortfunde.

⁴⁵ Strobel (Anm. 11), 127ff.

⁴⁶ Strobel (Anm. 11). H. Kloft, Die Wirtschaft des Imperium Romanum, Mainz 2006, 116 f.

⁴⁷ Dazu Wolters (Anm. 36), 345ff.

Materialwerts halten, eine Verfallsgeschichte,⁴⁸ die nach Mommsen erst unter Diokletian und Konstantin durch die „*Ausprägung guter Silbermünzen*“ und mit der Wiederherstellung einer „*soliden und massenhaften Goldprägung*“ (Römisches Münzwesen 832) gestoppt wurde, ehe nach kurzer Zeit das „*koordinierte Gleichgewicht*“ der beiden Edelmetalle wieder verloren ging. Das Silbergeld wandelte sich „*aus einer Werth- zu einer (partiellen) Scheidemünze*“ (Römisches Münzwesen 837f.). Die Kupferwährung verfiel. Lediglich das Gold konnte in der Gestalt des *solidus* seinen Platz behaupten und ausbauen (Römisches Münzwesen 843ff.), abzulesen und festzumachen an diversen spätantiken Rechtsvorschriften, die den monetären Austausch und den Wechselkurs des Geldes zu steuern versuchten.

Mommsens eindringlicher Entwurf der spätantiken bzw. frühbyzantinischen Geldentwicklung steht hier nicht zur Debatte.⁴⁹ Wenn man das „*Finanzwesen des byzantinischen Staates*“ aus der Feder von J. Karayannopulos aus dem Jahre 1958 oder M.F. Hendys *Studies in the Byzantine Monetary Economy*⁵⁰ zu Rate zieht, dann sehen die realen Verhältnisse nicht mehr so düster aus, wie dies Mommsens Münzwesen nahe legt. Wichtiger erscheint mir seine durchgehend grundsätzliche Reserve gegenüber der Doppelwährung und seine Präferenz des Monometallismus in Form der Goldwährung, dem „*anschaulichen Ausdruck des Großkönigs- bzw. Kaisertums*“, wie es am Schluss seines Vortrages „*Das Geld*“ hieß. Hier kommt nun doch eine Grundanschauung, eine „*Axiomatik*“, wie dies Alfred Heuß genannt, ins Spiel,⁵¹ die Historie und aktuelle Gegenwart zusammen sieht und die auch hinter der Apostrophierung des heiligen Geistes der Geschichte steht, den Mommsen in seiner Glosse gegen Wilhelm von Kardorff bemüht hat. Historische Erfahrung und aktuelle Handlungsstrategien auf politischem wie ökonomischem Feld sind notwendig aufeinander bezogen und erhellen sich wechselseitig.

IV.

Die Goldwährung ist das Gebot der Stunde, wie dies für den Deutschen Bund Ludwig Bamberger bereits 1861 formuliert hat, eine Auffassung, die zum monetären Credo einer liberalen Wirtschaftspolitik im 19. Jahrhundert gehörte. Die

⁴⁸ Dazu Brandt (Anm. 22), 152ff.

⁴⁹ Dazu Brandt (Anm. 22), 154f.

⁵⁰ M.F. Handy, *Studies in the Byzantine Monetary Economy*, c.300-1450, Cambridge 1985; J. Karayannopulos, *Das Finanzwesen des byzantinischen Staates*, München 1958.

⁵¹ Zur Axiomatik A. Heuß, *Theodor Mommsen und das 19. Jahrhundert*, Kiel 1956, 72f.; Kloft (Anm. 17), 425f.

Jahrgänge der Zeitschrift „*Die Nation*“ von 1883-1900, die sich in den Worten des Herausgebers Theodor Barth als Organ für die Belange des Individualismus auf allen Ebenen verstand, für wirtschaftliche Freiheit und individuellen Unternehmergeist eintrat,⁵² sind voller grundsätzlicher und aktueller Stellungnahmen Bambergers für den Monochryismus, für den freien Warenverkehr in internationalen Bankgeschäften und gegen Schutzzölle jedweder Art. Der eindringliche Artikel von Karl Helfferich „*Zur Entwicklungsgeschichte des Geldes*“ aus dem Todesjahr Ludwig Bambergers im Jahre 1899 gipfelt in einem Plädoyer für das Gold als Grundlage des Währungssystems und als Garant des internationalen Handels.⁵³ Mommsens Rede anlässlich des 70. Geburtstages von Ludwig Bamberger im Jahre 1893 würdigt den langjährigen Weggenossen in bewegenden Worten und geht auf seine politischen wie auf die Verdienste um eine solide Währungspolitik ein.

*„Es ist sehr zweifelhaft, ob ohne seine umfassende Sachkenntnis, sein seltenes Talent, Fachfragen dem gesunden Menschenverstand deutlich zu machen, seine glänzende, so scharfe wie anmutige und immer vornehme Feder und sein schlagkräftiges Wort nicht König Silber immer noch in Deutschland regieren würde, und ob nicht die deutsche Nation es zum guten Teil ihm zu danken hat, dass heute die Herren von Kardorff und Arendt einsam trauern.“*⁵⁴

König Silber und seine Anhänger Wilhelm von Kardorff und Otto Arendt, der sich 1882 durch einen offenen Brief an Ludwig Bamberger hervorgetan und für die Doppelwährung plädiert hatte⁵⁵ – sie haben also dank der Wirksamkeit Bambergers das Nachsehen, für Mommsen in diesem Glückwunschschreiben eine der wenigen erfolgreichen und positiven Entscheidungen bei der inneren Konsolidierung des Reiches nach der erfolgreichen äußeren und der staatsrechtlichen Einigung in den Jahren 1870/71.

Bamberger, „*der tapfere und gescheite Verbündete*“, wie ihn Mommsen am Schluss seines Festgrußes apostrophiert, hat den Dank an den Freund und Weg-

⁵² Die Programmatik wird formuliert vom Herausgeber Th. Barth, *Die Nation* I, 1883/84, 2f.; zu Theodor Barth, H. Kolft, Politik und Journalismus im Wilhelminischen Reich, in: *Bremisches Jahrbuch* 88, 2009 (im Druck)

⁵³ K. Helfferich, *Zur Entwicklungsgeschichte des Geldes*, *Die Nation* 17, 1899/1900, 315ff.; 336f., 345f. Ders. *Das Geld*, Leipzig 19102, 181f. Wie lange dieses Junktim in der Neuzeit bestanden hat, mag man daraus ersehen, dass erst im Jahre 1999 die Schweiz die Goldbindung des Schweizer Franken aufgehoben hat. Exemplarisch L. Bamberger, In Sachen Gold gegen Silber, *Die Nation* 3, 1885, 523ff.; ders. „Das Ende vom Lied“, *Die Nation* 15, 1897/98, 65ff. Th. Barth, Wider die Bimetallisten, *Die Nation* 13, 1895/96, 115f.

⁵⁴ Th. Mommsen, Ludwig Bamberger, *Die Nation* 12, 1894, 9f. = Reden und Aufsätze, Berlin 1905, 472.

⁵⁵ O. Arendt, Offener Brief an Ludwig Bamberger, Berlin 1882. Otto Arendt (1854-1936), Mitglied der Freikonservativen, als solcher ab 1885 im Preußischen Abgeordnetenhaus, 1888 Gründer des „Internationalen Verbandes für Doppelwährung“ neben dem führen den Kopf der Freikonservativen, Wilhelm von Kardorff (1825-1907), ein beredter Vorkämpfer für den Schutzzoll und ein erklärter Gegner des Freihandels.

gefährten in der ihm eigenen generösen Art zurückerstattet. 1897 zeichneten anlässlich des achtzigjährigen Geburtstages Freunde und Gönner für eine Mommsenstiftung 80.000 Mark, davon übernahm Bamberger 5/8, ca. 50.000 Mark.⁵⁶ Wahrscheinlich hat er sich auch am Geldgeschenk der Freunde Mommsens anlässlich seines 50-jährigen Doktorjubiläums im Jahre 1880 beteiligt (Wickert a. O.), ebenso wie an dem Wiederaufbau der Mommsen'schen Bibliothek in der Marchstraße, die im Juli 1880 ein Raub der Flammen wurde; und nicht zuletzt hat er das berühmte Mommsenporträt des Münchener Maler Franz Lehnbach mit in Auftrag gegeben, für das 37 Freunde und Gönner die Bezahlung übernahmen, darunter selbstverständlich Ludwig Bamberger.⁵⁷ Als Bamberger 1899 starb, hielt Mommsen am Sarg des toten Freundes eine ergreifende Totenrede und brach anschließend, wie Theodor Barth berichtet, zusammen, „*begrub das Gesicht in beide Händen und schluchzte*“.⁵⁸

„*Am Golde hängt doch alles, sagt Gretchen und ich muss es leider auch sagen, so erbärmlich man sich dabei vorkommt*“, schrieb Mommsen 1868 an Wilhelm Henzen.⁵⁹ In seinen „*dauernden Finanznöten*“ (Wickert a. O.) war Bamberger ein verlässlicher Freund und eine gute Bank. Aber das Geld bedeutete in der Verbindung dieser beiden bedeutenden Männer des 19. Jahrhunderts nicht das Wichtigste. Es figurierte als Ferment menschlicher Zuneigung, als Zeichen der Anerkennung, die der einflussreiche Finanzmann dem berühmten Gelehrten auf seine Weise zum Ausdruck brachte. Beide einte die faszinierende Frage, wie das Geld beschaffen sein muss, um seine Aufgabe in Staat, Gesellschaft und in der konkreten Welt des Handels optimal erfüllen zu können. Man lese unter dieser Prämisse den glänzenden Abschnitt über die Rolle des Geldes und des Kapitals im ersten Band der Römischen Geschichte, die er unter der Überschrift „*Boden- und Geldwirtschaft*“ im ersten Band der Römischen Geschichte gewürdigt hat (I 820ff.). Wir geben die wichtigsten Passagen kurz wieder:

Programmatisch der Satz: „*Der Geist der römischen Ökonomie und ihre Großartigkeit offenbart sich im Guten wie im Schlimmen vor allem in der Geldwirtschaft*“ (I 845). Dies wird insbesondere an der Stellung des Denars und der römischen Geldpolitik klar. Der römische Denar, „*der völlig Schritt mit den römischen Legionen hielt*“ (I 848), setzt sich im Mittelmeergebiet durch; gewaltige Reichtümer bilden sich in der Hand einer Geldaristokratie und mit ihnen „*die unzertrennlichen Übelstände der reinen Kapitalistenwirtschaft*“ (I 853).

⁵⁶ Vgl. L. Wickert, Theodor Mommsen, eine Biographie, Band 4, Frankfurt 1980, 41 und 260f. Neben Bamberger haben sich Luise und Ludwig Delbrück, daneben die Weidmannsche Buchhandlung den Rest geteilt.

⁵⁷ Wickert (Anm. 56), 362. Zum Brand im Jahre 1880 Wickert (Anm. 56), 42ff. und 263f.

⁵⁸ Th. Barth, Theodor Mommsen, Die Nation 21, 1903/04, 82f., Rebenich (Anm. 2), 253.

⁵⁹ Wickert (Anm. 56), 39f.

Verantwortlich für diese Missstände war der regierende Herrenstand, mit anderen Worten: das Junkertum, dem, wie Mommsen ausführt, eine eigentümliche ökonomische Mentalität eigen war: ein Hang zum Spekulantentum, eine geringe Neigung zum aktiven Handelsgeschäft oder zur Investition in Gewerbe, die Kapitalisierung der Landwirtschaft, was die Ausdehnung der Sklavenarbeit nach sich zog und die Zerstörung des ehemals freien Bauerntums (I 854f.), schließlich die scharfe soziale Abgrenzung von Reich und Arm und die dünkelfhaften aristokratischen Vorbehalte gegen die Lohnarbeit; wie Mommsen kraftvoll formuliert: „*ein Abgrund von Kapitalistenübermut und Kapitalistenfrevel*“ (I 853).

Es kann kein Zweifel herrschen – die gesamte Schilderung erhält zusätzlich ihre Überzeugungskraft durch die sozialen und ökonomischen Probleme der eigenen Zeit, man mag an den Pauperismus und an die Bildung großer Kapitalien mit ihren sozialen Verwerfungen denken, an die gewaltige Schere zwischen Reich und Arm, die in der Zeit der Frühindustrialisierung ebenso ein beklagenswerter Missstand war wie zur Zeit der römischen Republik.

V.

Die währungspolitischen Antworten, die Bamberger und Mommsen gaben, sind der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts geschuldet, einer großen und im Nachhinein gesehen goldenen Epoche, die mit dem Kriegsausbruch 1914 zu Grunde ging und mit ihm der Goldstandard, der gemeinsam mit der Friedensepoche des europäischen Staatensystems zusammenbrach.

Das Vertrauen in die Stabilität der Goldwährung findet seine Grenzen offensichtlich in Krisen- und Kriegszeiten, nicht in seiner Eigenschaft als Mittel der Wertaufbewahrung, wie alle Erfahrung lehrt, sondern als Leitträger des umlaufenden Geldes, das als Äquivalent für Waren und Dienstleistungen fungiert. 1914 war es der allgemeine Run auf die Goldreserven und die Unmöglichkeit, ausländische Forderungen auf Gold einzulösen, die das Vertrauen in den internationalen Goldstandard zerstörten.⁶⁰ Die langwährende Währungskrise der Antike war von anderer Art und bündelte in einem langen Prozess mehrere Ursachen, die im Einzelnen schwierig festzumachen sind und die nur schlaglichtartig an dieser Stelle benannt werden können: Rückgang der Edelmetallproduktion, gleichzeitig erhöhter Geldbedarf im inneren, der durch minderwertige Münzen aufgefangen werden sollte, Rückgang des Marktaustausches und Aufkommen von Bezahlung in Naturalien.⁶¹ Das Gold entwickelte sich unter diesen

⁶⁰ North (Anm. 9), 145, s. v. Goldstandard (Lit.).

⁶¹ Wolters (Anm. 36), 409 f., H. Kloft, *Die Wirtschaft des Imperium Romanum*, Mainz 2006, 116f.

Umständen mehr und mehr zur Ware und zur Recheneinheit zurück mit begrenzter Funktion als Mittel des Austausches, das besonders bei der Bezahlung von Steuern und bei Soldzahlungen im 4. Jahrhundert seine Bedeutung behielt.⁶² Der Trend zur Preziose mindert gleichzeitig die Marktfunktion des Geldes, generell eine monetäre Reduktion, die den Westen des Reiches mehr als den Osten betrifft.

Insgesamt ist das Geld seinem Umfang und seiner Funktion nach anders eingebettet in die Wirtschaftsverfassung der römischen Kaiserzeit, ja der Antike überhaupt als das Geld im Zeichen der industriellen und kapitalistischen Entwicklung, die der Neuzeit fundamentale Veränderungen auf wirtschaftlichem und sozialen Gebiet brachten. Aber gerade diese Verschiedenheit macht Vergleiche reizvoll und notwendig, damit Geschichte nicht dazu dient, wie der Verfasser der Glosse von 1885 formuliert hat, „von Thoren missverstanden und von Klugen missbraucht zu werden“. Diese Kautele gilt es auch im Hinblick auf den nach wie vor verehrungswürdigen Heros unseres Faches zu beherzigen, nicht nur, was seine faszinierende *Römische Geschichte* oder sein bewundernswürdiges Opus Magnum, *Das römische Staatsrecht* betrifft. Es gilt auch für Mommsens Analyse der wirtschaftlichen und monetären Verhältnisse der römischen Welt, die seinem scharfsinnigen Geist und seinem Hang zur politischen Pädagogik ein nicht minder glänzendes Zeugnis ausstellt.

Und damit bin ich am Ende meiner Überlegungen angelangt. Sie waren darauf ausgelegt, in der Gestalt Mommsens und Bambergers ein Stück Wissenschaftsgeschichte des 19. Jahrhunderts vorzuführen. Sie zielten darüber hinaus unter dem Stichwort Goldwährung auf einige Grundprobleme der antiken Geldgeschichte. Es ging darum, den Zusammenhang von Geld-, Wirtschafts- und politischer Geschichte zu unterstreichen, wenn man so will, ein Plädoyer für die Relevanz einer rechtverstandenen Numismatik in Lehre und Forschung, bis in unsere Zeit hinein. Es ist ein gutes und mutiges Zeichen, dass die Wissenschaftliche Braunschweiger Gesellschaft sich zur Gründung einer Kommission entschlossen hat, die deutschen Münzfunde des Mittelalters und der Neuzeit zu bearbeiten wird.

Theodor Mommsen hätte an dem Unternehmen seine Freude gehabt und die Fortschritte mit Aufmerksamkeit verfolgt.

⁶² A.H.M. Jones, *The Later Roman Empire I*, Oxford 1964, 431ff., Howgego (Anm. 13), 154ff., Depeyrot, *Le Bas-Empire Romain, économie et numismatique*, Paris 1987, 113ff. (La Banalisation de l'or dans l'Économie).

Akademie, Kritik und Geschmack

Zur Spracharbeit der Fruchtbringenden Gesellschaft des 17. Jahrhunderts¹

KLAUS CONERMANN

Schloßplatz 18, 38304 Wolfenbüttel

E-mail: conermann@hab.de

Am Anfang der einschlägigen germanistischen Literatur- und Sprachgeschichtsschreibung stand der Irrtum, die Fruchtbringende Gesellschaft (1617-1680) sei eine puristische Sprachgesellschaft und darin ein Vorläufer gelehrter Sprachvereine des 18. und 19. Jahrhunderts gewesen.² Die Fruchtbringende Gesellschaft hat die deutsche Sprache stets als Mittel einer umfassenden christlich-patriotischen Kulturreform im Wettstreit mit den europäischen Renaissancekulturen aufgefaßt. Sie war Teil einer frühneuzeitlichen Bewegung, die ihren Ausdruck u. a. in der Bildung von Akademien fand. In der alten Universität des 17. Jahrhunderts wurde daher in diesem Sinne auch über die Fruchtbringende Gesellschaft disputiert. In einer Leipziger *Disquisitio Historica de SOCIETATE FRUCTIFERA* hatte der Respondent Jacob Friedrich Müller unter dem Vorsitz von Magister Elias Geißler in der Philosophischen Fakultät am 26.10.1672 a. St. die Fruchtbringende Gesellschaft in eine Reihe gestellt mit den italienischen Akademien, der Pariser Conference des beaux Esprits, der englischen Royal Society, der deutschen Academia Naturae Curiosorum (Leopoldina) und schließlich mit verschiedenen eigenen Leipziger Collegia. Die Vereinigung hat sich nur im ursprünglichen Sinne in ihren französischen und italienischen Briefen häufig Accademia bzw. Académie genannt, im Deutschen jedoch niemals Sprachgesellschaft, sondern nur Ge-

¹ Der unter diesem Titel in einem Vortrag am 13. Juni 2008 vor der Klasse für Geisteswissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehaltene Vortrag ist inzwischen in stark erweiterter Form in „Unsere Sprache. Beiträge zur Geschichte und Gegenwart der deutschen Sprache“ (Schriftenreihe der Neuen Fruchtbringenden Gesellschaft zu Köthen/ Anhalt), Bd. 1 (2008), S. 17-52 erschienen. Ich fasse den Inhalt im Folgenden zusammen.

² Vgl. zuerst OTTO SCHULZ: Die Sprachgesellschaften des siebzehnten Jahrhunderts. Vorlesung und Stiftungsfest der Berlinischen Gesellschaft für deutsche Sprache. Berlin 1824, S. 14.

sellschaft,³ nach 1650 auch Orden. Der eigentliche Stifter der Gesellschaft, Fürst Ludwig von Anhalt-Köthen (1579-1650; Gesellschaftsname „Der Nährende“), hatte philologische Spracharbeit an der (toskanischen) Volkssprache in der florentinischen Accademia della Crusca kennengelernt und durchaus auch auf seiner in Köthen 1618 eingerichteten Presse durch die Ausgabe, Übersetzung und Kommentierung italienischer Literatur praktiziert. Der wichtigste Gedanke des italienischen volkssprachlichen Humanismus, den z. B. Giovan Batista Gelli und nach ihm Fürst Ludwig hervorhoben, war wohl der, daß ein wissenschaftlicher Gegenstand nicht an die Sprache, etwa das Griechische oder Lateinische, gebunden war, sondern in jeder Sprache, also auch im Toskanischen oder Hochdeutschen adäquat ausgedrückt werden konnte. Im Wettbewerb des Englischen mit den anderen europäischen Sprachen wäre dies heute gewiß kein Vorbild mehr, denn das Deutsche, Italienische, Spanische, Französische und andere Sprachen haben sich zu Kultursprachen entwickelt, die längst der etwa hinsichtlich des Deutschen von der Fruchtbringenden Gesellschaft und sodann von Leibniz erhobenen Forderung nachgekommen sind, der Volkssprache in allen wissenschaftlichen, technischen, administrativen, ökonomischen, seelischen (literarischen, erbaulichen, rednerischen) u. a. Bereichen Aufgaben zu erschließen. An die Stelle der schichtspezifischen lateinischen Gelehrtensprache des humanistischen Alteuropa, auch an die Stelle einer emotional und in anderen Dingen ausdrucksfähigen lateinischen Sprache, ist längst die alles umfassende, sozial tiefgestaffelte Volkssprache getreten, ohne welche Öffentlichkeit und Demokratie, nationales und europäisches Erbe sowie die differenzierte Sprache des seelischen Erlebens und der zwischenmenschlichen Kommunikation verloren gingen. Dennoch sind die aus der Renaissance hervorgegangenen europäischen Kultursprachen (einschließlich des Englischen) und wohl nicht nur diese inzwischen durch einen historischen Rückschritt bedroht, der in Hinsicht auf das Verhalten vieler heutiger Forscher zum Teil an das der frühneuzeitlichen Gelehrten erinnert. Immerhin wäre in der Zeit Gellis, Fürst Ludwigs und des sog. Vulgärhumanismus bis hin zu Goethe wegen des Glaubens an

³ Im Deutschen konnte sich die Fruchtbringende Gesellschaft (= FG) als Vereinigung zur Pflege des Deutschen eigentlich nicht Akademie nennen, denn in der noch vorherrschenden lateinischen Wissenschaftssprache der Zeit meinte Academia die Universität oder das Gymnasium illustre. Die Quellen der FG erscheinen u. d. T. Briefe der Fruchtbringenden Gesellschaft und Beilagen: Die Zeit Fürst Ludwigs von Anhalt-Köthen 1617-1650. Unter Mitarb. v. Dieter Merzbacher [ab Bd. 2 u. Andreas Herz; ab Bd. 3 u. Mitarb. v. Gabriele Ball u. Andreas Herz] hg. v. Klaus Conermann. Tübingen 1992 (Die Deutsche Akademie des 17. Jahrhunderts Fruchtbringende Gesellschaft. Kritische Ausgabe der Briefe, Beilagen und Akademiearbeiten. Reihe I, Dokumente und Darstellungen. Abt. A Köthen). Ein Lexikon der ersten 527 Mitglieder erschien u. d. T.: Fruchtbringende Gesellschaft. Der Fruchtbringenden Gesellschaft geöffneter Erzschein. 3 Bde. Hg. v. K. Conermann. Leipzig bzw. Weinheim 1985, hier Bd. 3.

die Ausdrucksfähigkeit und Übersetzbarkeit aller Sprachen die Möglichkeit und Wünschbarkeit von Weltliteratur eher denkbar gewesen als in der Zeit der heutigen englischen Lingua franca und der scheinbar globalisierbaren Kultur. So wie das Toskanische oder gar nur das Florentinische in der zeitgenössischen *Questione della lingua* mit anderen italienischen Dialekten und Regionalsprachen um die Leitbildfunktion rang, mußte auch noch im Zeitalter der sog. deutschen Sprachgesellschaften – trotz der in den zeitgenössischen Dokumenten immer wieder betonten Vorbildlichkeit der Lutherbibel, der meißnischen Kanzleisprache und der Reichstagsbeschlüsse – doch erst noch in der Abgleichung mit der gesprochenen Sprache und in der Schaffung wissenschaftlicher Hilfsmittel (Grammatiken, Wörterbücher) und vor allem literarischer Vorbilder in Prosa und Poesie die Grundlage der schriftlichen deutschen Nationalsprache geschaffen werden. Das der Orthographiereform unserer Zeit zugrundeliegende phonographische Konzept mißachtet, wie Werner Besch⁴ gezeigt hat, die von der „ausrede“ abweichende schriftliche Fixierung, den seit den Tagen der Fruchtbringer unter vielen Schwierigkeiten und in mühseliger literarischer und wissenschaftlicher Arbeit erarbeiteten Konsens und Usus als Form des kulturellen Gedächtnisses. Beispiele für solche Schwierigkeiten liefert auch der aus Einbeck stammende Braunschweiger und Wolfenbütteler Philologe Justus Georg Schottelius (in der FG „Der Suchende“) zuhauf, etwa wenn er in Formen wie slagen und smekken die ältere, daher maßgebliche Lautgestalt vermutete.⁵ Nur zögernd gab er in solchen Fällen dem Hochdeutschen seiner Zeit den Weg frei. Auf seiner Suche nach der adamitischen Ursprache schaute der Suchende sich lieber bei den unmittelbaren Tochtersprachen des Westgermanischen um: „Die Niedersächsische/ wie auch Niederländische Mundart/ Kommt dem rechten Grunde/ und Ursprünglichem Wesen oft näher/ als das Hochteutsche/ ist auch fast an Wörtern reicher und nicht weniger lieblich.“ (a. a. O., S. 174). Die Schaffung der deutschen Kultursprache verlangte zunächst eines: Sprachwissenschaft. In der Meinung von Caspar v. Stieler, Schottelius, Georg Philipp Harsdörffer und vielen anderen galt es, dazu die Stammwörter des Deutschen zu identifizieren und damit analog-kombinatorisch Zusammensetzungen und Ableitungen zu konstruieren.

Bevor die Fruchtbringende Gesellschaft nach 1637 zu systematischer Sprachwissenschaft fortschritt, war es ihr zunächst darum zu tun, im Wettbewerb und

⁴ Wege und Irrwege der deutschen Rechtschreibreform von 1998. Korrekturen des 2004 eingesetzten Rates für deutsche Rechtschreibung. Vorträge der Klasse für Geisteswissenschaften der Nordrhein-Westfälischen Akademie der Wissenschaften, G 409. Paderborn 2007.

⁵ Ausführliche Arbeit Von der Teutschen HauptSprache... In Fünf Bücher. Ausgefertiget Von Justo-Georgio Schottelio (Braunschweig: Christoff Friederich Zilliger 1663) [Dt. Neudrucke, Reihe: Barock, 11. Tübingen 1967], S. 196f.

im Maßstab der volkssprachlichen Renaissance die Fähigkeit des Deutschen zum wissenschaftlichen, erbaulichen, rednerischen und poetischen Ausdruck unter Beweis zu stellen. Fürst Ludwig und ein kleiner Kreis von anhaltischen Dichtern, zu denen Tobias Hübner und Diederich von dem Werder zählten, stellten sich dieser Herausforderung durch Sprachkritik, die sie herauszugebenden oder schon gedruckten deutschen Werken aus dem Kreis der Fruchtbringenden Gesellschaft angedeihen ließen. Ursprünglich hatte Fürst Ludwig auch an den Lehrbüchern für das 1618 in Köthen gegründete, mit dem Namen des Pädagogen Wolfgang Ratke verknüpfte Volksbildungsprojekt mitgearbeitet, zu dem ihm Wittenberger, Jenaer und Baseler Universitätsgelehrte, darunter der lateinische Grammatiker Nicolaus Pompejus, der Philosoph Ludwig Lucius und der spätere deutsche Grammatiker Christian Gueintz („Der Ordnende“, 1641) Lehrbücher lieferten. Im Unterricht sollte jedes Fach erst in der deutschen Muttersprache angegangen werden und sodann, von Lehrbüchern im Lateinischen oder anderen Sprachen unterstützt, in diesen ausgearbeitet werden. Man verfaßte inhaltlich und formal einander genau entsprechende grammatische Lehrfäden verschiedener Sprachen und stellte auch den lateinischen, italienischen, französischen und griechischen Texten deutsche Übersetzungen zur Seite. In ihrer auf Editionen, Übersetzungen, Dichtungen und Musterbriefe verwendeten frühen Spracharbeit übertrug die Fruchtbringende Gesellschaft die in der zeitgenössischen Philologie geübte Sprachkritik vom Lateinischen und Griechischen auf das Deutsche und andere Volkssprachen. Es bedarf hier der Feststellung, daß trotz mancher Versammlung in wechselnden kleinen Kreisen die Fruchtbringende Gesellschaft nicht wie ihre unmittelbaren italienischen Vorbilder, die Accademia Fiorentina und die Accademia della Crusca, eine städtische Vereinigung war, sondern wegen ihrer deutschland- und sogar europaweiten Mitgliedschaft auf den Briefwechsel angewiesen blieb, um sprachliche, literarische oder sozietäre Kritik zu üben. Eine periodische gelehrte Zeitschrift wie der *Journal des Savants* (1665), die *Philosophical Transactions* (1665) oder die *Miscellanea Curiosa sive Ephemerides medico-physicae Germanicae* (1670) aus den Kreisen der später Leopoldina genannten naturwissenschaftlichen Akademie entsteht daneben noch nicht, zumal die gelehrte oder gar fachliche Einengung bei aller Ausrichtung der Fruchtbringenden Gesellschaft auf deutsche Sprache und Literatur dem universal verstandenen Ziel der volkssprachlichen Sprachpflege zuwidergelaufen wäre.

Was Sprachkritik in der frühen Fruchtbringenden Gesellschaft bedeutete, läßt sich auch an der Arbeit des bedeutendsten deutschen Dichters der Zeit zeigen, an Martin Opitz (1597-1639; „Der Gekrönte“). Zu Opitz' Lehrern und Briefpartnern gehörten bedeutende lateinische und griechische Critici, namentlich Janus Gruterus, Hugo Grotius und Claudius Salmasius. Opitz sammelte nach Gruters Vorbild während seiner Lehrtätigkeit in Siebenbürgen lateinische Inschriften, die er in einem Commentarius über das antike Dakien veröffentlichen wollte. Er wandte die philologische Methode auch auf eine Ausgabe des von

ihm wiedergefundenen frühmittelhochdeutschen Annolieds (1639) an, für dessen Kommentierung er Belege aus Zeugnissen alter Sprachstufen heranzog, die er in den von Melchior Goldast von Haiminsfeld (*Paraeneticorum veterum Pars I. Insulae* 1604), Paul Merula (Williram v. Ebersberg), Matthias Flacius Illyricus (Otfrid v. Weissenburg), Friedrich Lindembrog (*Gesetzessammlung mit Glossarium*), Justus Lipsius (altfränkische Psalmenglossen) u. a. herausgegebenen Texten fand. Fürst Ludwig suchte durch Konsultation von Gelehrten auch nach Opitz' Tod (20. 8. 1639 a. St.) die Anmerkungen noch zu verbessern. Schon 1638 hatte er Opitz eine detaillierte metrische, grammatische und stilistische Kritik an der umfangreichsten Dichtung des Gekrönten, seinen Liedern auf den Genfer Psalter, geschickt. Auf der nächsten Stufe der Entwicklung, die von einer sprachhistorisch kommentierten Edition zu einer im deutschen Sprachschatz und in der Sprachgeschichte begründeten Grammatik des Deutschen führte, erreichte Justus Georg Schottelius in den drei Auflagen seiner *Sprachkunst* von 1641, 1651 und 1663 einen systematischen Abschluß. Allerdings stieß er hierbei auf den Widerspruch Fürst Ludwigs und des Grammatikers und Orthographen Christian Gueintz. Der Nährende hatte, wie in der Gesellschaft üblich, Gueintz' *Deutsche Sprachlehre* (1641)⁶ nicht nur an andere Sprachgelehrte wie Schottelius geschickt, sondern auch an den Criticus Martin Opitz, dessen Tod die Mitarbeit allerdings verhinderte. Der innersozietäre Disput über die Geltung der Kriterien *Usus* und *Natura* für die deutsche Grammatik und Lexikographie ist letztlich die Konsequenz eines antiken Streits über das Wesen der Sprache, nämlich der z. B. in Platons Dialog *Kratylos* oder in Aristoteles' Lehre vom Satz (*Peri hermeneias*) gestellten Frage, ob Sprache allein überhaupt Wahres benenne und ob sie dies aus der Natur der Sache (*physei*) oder aus Gewohnheit, Übereinkunft und Setzung (*thesei*) vermöge. Ohne hier der Bedeutung Jakob Böhmes und anderer nachzuspüren, liegt es auf der Hand, daß die seit Platon (und den Vorsokratikern) aufgeworfenen Fragen nicht nur logische, sprachphilosophische Bedeutung besaßen, sondern auch für Lexikographie, Grammatik und Sprachgebrauch im allgemeinen relevant wurden und zwar dort, wo sie zur Entscheidung der Sprachrichtigkeit beitragen sollten. Fürst Ludwig und Christian Gueintz führten in der Sprachdebatte den *Usus* letztendlich als Kriterium gegen übertriebene Neuerungen und gelehrte Normierung ins Feld. Platon und die Stoa hatten die Bedeutung der Wurzeln betont, und die Stoa, die die Bezeichnung von Natur aus vertrat, zudem die Etymologie zur Ergründung der Buchstaben und Bedeutungswurzeln erforscht. Schottelius versuchte daher, die

⁶ CHRISTIAN GUEINTZEN/ Deutscher Sprachlehre Entwurf. (Cöthen 1641). In noch höherem Maße wurde ein unter Gueintz' Gesellschaftsnamen erschienenes zweites sprachwissenschaftliches Buch zu einem Gemeinschaftswerk der Gesellschaft: Die Deutsche Rechtsschreibung Auf sonderbares gut befinden Durch den Ordnenen verfasst/ Von der Frucht bringenden Gesellschaft übersehen/ und zur nachricht an den tag gegeben (Halle 1645).

Grammatik und Lexik des Deutschen vor allem auf Einzellaute, Stammwörter und Suffixe zu gründen und nach Regeln der Wortbildung analogisch-rationalistisch das ‚grundrichtige‘ Deutsch zu konstruieren. Harsdörffer trieb die Lehre vom monosyllabischen Stammwort bis zu der Konsequenz, daß er einen sog. „Fünffachen Denckring der Teutschen Sprache“ konstruierte, mit dem er durch Verschieben der konzentrischen Ringe mit ihren „vorsilben“, „Anfangsbuchstab und Reim“, „Mittelbuchstaben“, „Endbuchstaben“ und schließlich der „Nachsylben“ jedes Wort und dessen Zusammensetzungen und Ableitungen mechanisch herstellen konnte, etwa für „Abt“ („Abbt“): „Abbtbar“, „Abbthaft“, „Abbtei“, „Abbtling“, „Abbtlein“, „Abbtschafft“, „abbtin“, „Abbtessin“, „Abbthum“ etc. Harsdörffer empfiehlt solche Kombinatorik zur Erstellung eines vollständigen deutschen Wörterbuchs und zur Ermittlung von Reimwörtern.⁷

Ein anderer Aspekt, in dem die Spracharbeit der Critici und der Fruchtbringenden Gesellschaft sich vom heute vorherrschenden Umgang mit Sprache unterscheidet, gibt einen Blick frei, der vielleicht noch tiefer reicht. Von Josephus Justus Scaliger, einem der Lehrer des Salmasius, stammt die berühmte Feststellung „Wenn ich doch nur ein guter Grammaticus wäre. [...] Von nichts anderem hängt der Zwist in der Religion ab als von der Unkenntnis der Grammatica.“⁸ Gewiß rühren wir hier an ein Hauptproblem der Generation der Critici (Scaliger, Casaubonus, Lipsius) oder nachfolgender Zeitgenossen des Dreißigjährigen Krieges wie der reformierten, irenisch gesinnten Philologen Gruterus, Opitz, Grotius und Fürst Ludwig. Der einflußreiche Pädagoge Wolfgang Ratke, der selbst ein strenger Lutheraner war, hatte sich schon 1612/13 in einem Memorial an das Reich mit seinem Vorhaben gewandt, „im ganzen Reich, ein einträchtige Sprach, ein einträchtige Regierung, und endlich auch ein einträchtige Religion bequemlich einzuführen und friedlich zu erhalten [...]“. Sprache, und zwar die Volkssprache, erschien Ratke als Schlüssel zur Überwindung allen konfessionellen und politischen Streits. Auch in den ratichianischen Lehrversuchen und in der Sprachdiskussion der Fruchtbringenden Gesellschaft schlägt ein Grundmuster der an der Gewinnung des allgemeinmenschlichen Bibelverständnisses und religiösen Heils orientierten Sprachenharmonie durch. *Das erste Buch Mose*

⁷ Philosophische und mathematische Erquickstunden. Nürnberg 1651 (Ndr. Frankfurt/M. 1990), S. 516-519.

⁸ „Utinam essem bonus grammaticus; sufficit enim ei qui auctores omnes probe vult intelligere esse bonum Grammaticum. Porro quicumque Doctos viros, Grammaticos pour tout potage vocant, sunt ipsi indoctissimi, idque semper observabis. Non aliunde dissidia in Religione pendent, quam ab ignoratione Grammaticae.“ SCALIGERANA OU BONS MOTS; RENCONTRES AGREABLES; ET REMARQUES JUDICIEUSES & Sçavantes de J. SCALIGER. AVEC DES NOTES de Mr. Le FEVRE; & de Mr. de COLOMIES. ... A COLOGNE. Chez. *** M. DC. XCV, S. 176f. Vgl. Rudolf Pfeiffer: Die Klassische Philologie von Petrarca bis Mommsen. München 1982, S.143-151, hier S. 147.

... zu der *Lehrart* wurde in Köthen auch auf lateinisch und hebräisch gedruckt und das Neue Testament vom Wittenberger Professor Martin Trost auf Altsyrisch mit lateinischer Übersetzung und einem kleinen deutschen Glossar herausgegeben. Auch die Herleitung vieler deutscher Wörter aus dem Hebräischen durch den Spielenden, Georg Philipp Harsdörffer, in seinem *Specimen Philologiae Germanicae* (1646) steht in der Tradition dieses christlichen und biblischen Sprachverständnisses. Der gegenwärtig vorherrschende Diskurs von neuen Eliten und Exzellenzclustern sollte nicht darüber hinwegtäuschen, daß diese, so wie sie meistens gedacht werden, kein Äquivalent zu vergangenen Verfassungen schaffen, in denen Kultursprache gedeihen konnte: in der Zeit der Critici, der alteuropäischen Akademien, der Salons, der höfischen und auch der bürgerlichen Gesellschaft. Für den historischen Kontext der Fruchtbringenden Gesellschaft bleibt hier nur festzustellen, daß nach dem Rückgang der humanistischen Philologie die neue, vor allem aus dem Schwertadel, Patriziat, dem Handel und Beamtentum entstandene Aristokratie und das Gelehrten- und Künstlertum im Dienste des Fürstenstaats zwar zunächst die Volkssprachen pflegten, dann aber in Deutschland ein langsamer, erst im 18. Jahrhundert angehaltener Verfall der Sprachpflege einsetzte, wie am Niedergang der Fruchtbringenden Gesellschaft nach dem Tode Fürst Ludwigs (1650) und an Georg Wilhelm Leibniz' Ruf nach einer neuen, neben der Sprache auch alle Wissenschaften und technisch-ökonomischen Künste staatlich organisierenden Akademie ablesbar ist. Im Titel eines damals maßgeblichen Buchs hatte Stefano Guazzo in *La Civil Conversatione* (1584) das Verhaltens- und Sprachideal Alteuropas bezeichnet. Dies drückt der praktisch, knapp und schlicht formulierte „Kurtze Bericht“ im Gesellschaftsbuch (1622) der Fruchtbringenden Gesellschaft so aus:

Erstlichen daß sich ein jedweder in dieser Gesellschaft/ erbar/ nütz- und ergetzlich bezeigen/ und also überall handeln solle/ bey Zusammenkünfften gütig/ frölig/ lustig und erträglich in Worten und Wercken sein/ auch wie darbey keiner dem andern ein ergetzlich Wort für übel auffzunehmen/ also sol man sich aller groben verdrießlichen Reden/ und Schertzes darbey enthalten.⁹

Der höfische Verhaltensstil, die *Cortegiania*, wie sie von Baldassare Castiglione mit Leitbegriffen wie Anmut, Schicklichkeit, Würde und Allgemeinbildung so einflußreich dargestellt wurde, ist im Gesellschaftsbuch der Fruchtbringer zu einem umfassenden, ständeübergreifenden Modus gesellschaftlicher Kommunikation geworden, die, angeregt von italienischen *Accademie letterarie*, auf einer nicht mehr zeremoniellen Höflichkeit basierte. *Conversazione civile* sollte nach Stefano Guazzo über die ererbten regionalen, sozialen, konfessionellen,

⁹ Fürst Ludwig von Anhalt-Köthen. Werke. Bd. 1. Hg. K. Conermann (Die Deutsche Akademie des 17. Jahrhunderts Fruchtbringende Gesellschaft. Reihe II, Abt. A Köthen). Tübingen 1992, S. [10].

kulturellen Differenzen hinweg Frauen und Männer verschiedener Stände, regionaler Herkunft, Religion und Sprache miteinander verbinden. Auch in der Fruchtbringenden Gesellschaft strebte man danach, im ethischen und sprachlichen Sinne „Sprachgesell(e)“, lat. *congerro*, mhd. *redegeselle*, frz. *compagnon* (d'entretien) zu werden, wie die inzwischen aus dem gebräuchlichen Wortschatz verschwundenen Wörter und die ihnen zugrundeliegenden Begriffe lauten.

Damit ist noch ein anderes verknüpft, das die *Conversazione civile* auf den Punkt bringt und in Deutschland auch zum erstenmal von der Fruchtbringenden Gesellschaft formuliert wurde, nämlich das gesellschaftliche Kriterium des Geschmacks, hauptsächlich des Sprachgeschmacks. Harsdörffer, der weltgewandte und besonders dem italienischen Schrifttum und den italienischen Akademien zugewandte Nürnberger Literat, verfaßte 1651 anlässlich der Übertragung der Gesellschaftsführung auf Fürst Ludwigs Nachfolger, Herzog Wilhelm von Sachsen-Weimar („Der Schmachhafte“), eine *Lobrede Des Geschmacks*.¹⁰ Der Diskurs vom Geschmack als einer die sinnliche Wahrnehmung in Anspruch nehmenden spontanen Form der Erkenntnis war damals in Europa noch weit von jener ästhetischen Debatte um *gusto*, *goût*, *taste*, Geschmack bzw. um die verwandten Begriffe Gehör, Geruch und (künstlerisches) Auge entfernt, wie sie im 18. Jahrhundert herrschte. Aus der Vorgeschichte des Begriffs verdient in Hinsicht auf die Fruchtbringende Gesellschaft und die religiöse Fundierung der Philologie in der Renaissance die mystische Vorstellung hervorgehoben zu werden, daß Gott geschmeckt werden müsse. In *Idiota de sapientia*, einem Dialog des Laien mit dem Orator genannten Kleriker, erklärt Nikolaus von Kues solche *sapida sapientia* durch *internus gustus* als Geschmacksweisheit. Das in Gott vorgekostete Wahre, Gute und Schöne unterliegt jedoch nicht dem Geschmacksurteil des Laien, denn solches Schmecken übersteigt selbst das höchste Seelenvermögen, die Vernunft (*intellectus*). Die irdische Erfahrung der Schönheit, das Urteil des Geschmacks an weltlichen Dingen, taucht in der Renaissance zuerst bei Laien und nicht bei Theologen auf und dort nicht einmal in der Rhetorik oder Poetik, sondern in der frühneuzeitlichen Hofliteratur. In Castigliones *Il Libro del Cortegiano* wird das Urteil dem *Discreto*, dem Unterscheidungsfähigen, aufgetragen. In der Kunst der *Cortegiania* kommt es statt auf die Vermittlung von sinnlicher Erfahrung mit der Schau Gottes auf eine Vereinbarung des sinnlich Gefälligen mit dem Wahren an – durch jene „*prudenzia*“, die das Ethos durchscheinen läßt und nicht in bloße Heuchelei und Verstellung verfällt. Verstellung in guter Manier, „*dissimulare di bon modo*“, praktiziert bei Castiglione jener Ritter, dessen Verkleidung als roher Hirte die

¹⁰ In: [ders.]: Fortpflanzung der Hochlöblichen Fruchtbringenden Gesellschaft ... Gedruckt zu Nürnberg ... 1651. Wiederveröffentlicht in Fürst Ludwig von Anhalt-Köthen: Der Fruchtbringenden Gesellschaft Nahmen/ Vorhaben/ Gemähle und Wörter. München 1971 (Die Fruchtbringende Gesellschaft. Quellen und Dokumente in vier Bänden hg. v. Martin Bircher. Bd. 1).

Vorstellung durch ihre *Sprezzatura*, Nachlässigkeit, reizt, um sodann durch Entdeckung des Höheren umso mehr Gefallen zu erregen.¹¹ Sinnliche und geistige Wahrnehmung sind hier schon in einem spontanen Urteil vereinigt, wenn auch noch nicht mit der Geschmacksmetapher belegt. Bei Harsdörffer ist der Geschmack dann ebenso wie bei seinem Zeitgenossen Baltasar Gracián noch nicht auf eigentlich ästhetische Phänomene bezogen, wohl aber ist er ein Vermögen eigener menschlicher Erkenntnis, so daß „der Geschmack auch dem Verstande beygemessen wird/ so gar/ daß bey den Lateinern das Wort Sapientia und Sapere von Sapore dem Geschmack und der sichern Unterscheidung des nützlichen und schädlichen hergeführt wird.“ (a. a. O., S. 33). Zwar ist der Geschmack auch noch wie bei Nikolaus mit der Gotteserkenntnis verknüpft, er dient allerdings auch der persönlichen reformatorischen Rechtfertigung des Gläubigen, weil Geschmack den Menschen dazu befähigt, „die himlischen Gaben/ und das gütige Wort Gottes“ zu prüfen und zur Buße „erneuert“ zu werden. Obwohl Harsdörffer, wie Gracián, auch noch Täuschung und Verführung des Menschen durch den Geschmack kennt, gilt er ihm doch als edelster der Sinne. Das letztlich durchschlagende Argument, das Harsdörffer für die Spracharbeit der Fruchtbringenden Gesellschaft anführt, ist das wichtigste: „Der **Geschmack** aber kan allein ein sichres Urtheil fassen und durch die Zungen aussprechen; daher auch von diesem Glied eine gantze Sprache die Zunge genennet wird. Höchstgemeldtes Haupt der hochlöbl: Fruchtbringenden Gesellschaft ist der getreue Schutzherr/ und preiswürdige Pfleg-Vater unsrer lieblichen und üblichen Sprache/ unsrer durchdringenden und Hertz-zwingenden Sprache/ unsrer künstlichen und dienstlichen/ unsrer reinlichen und scheinlichen/ unsrer holdseligen und glückseligen Sprache.“ (a. a. O., S. 39). Harsdörffer spricht zum erstenmal Geschmack als Vermögen der Kritik, der Sprachkritik, an. Er gründet Sprachkritik auf das biblisch-reformatorische Selbstverständnis der Fruchtbringenden Gesellschaft: „Ja die Sprachen sind die Scheiden/ in welchen das Schwert des Geistes geführt wird/ daher auch die erste Gnadengabe des Neuen Testaments gewesen/ daß die Apostel mit feurigen Zungen gesehen/ und aller Sprachen kündig worden; massen auch hundert Jahre vor Stiftung dieser hochlöblichen Gesellschaft/ das Liecht des H. Evangelii/ mit der Deutschen Sprache Aufnehmung und Ausbreitung herfürbrechen müssen.“ (ebd.). Der Zusammenhang von Grammatica und Religio, den wir bei Scaliger, Opitz, Fürst Ludwig und Ratke feststellten, ist auch bei Harsdörffer evident. Er begründet die Spracharbeit der Fruchtbringer in einer christlichen Philologie.

¹¹ CONERMANN, K.: Der Stil des Hofmanns. Zur Genese sprachlicher und literarischer Formen aus der höfisch-politischen Verhaltenskunst. In: Europäische Hofkultur im 16. und 17. Jahrhunderts. Hg. A. Buck u. a. Hamburg 1981, I, S. 45-56. Vgl. auch M. Fick, Artikel „Geschmack“ in: Historisches Wörterbuch der Rhetorik. Hg. Gert Ueding. III, Sp. 870-901, hier Sp. 878 (mit Verweisen auf englische Literatur der späten Renaissance); ders.: Artikel „Geschmacksurteil“, a. a. O., Sp. 901-907.

FEIERLICHE JAHRESVERSAMMLUNG 16. Mai 2008

Carl Friedrich Gauß-Kolloquium „Mikrobiologie der Umwelt: Bakterien und die Stoffkreisläufe des Lebens“

Mikrobielles Leben auf Blattoberflächen*

JULIA VORHOLT

Institut für Mikrobiologie, ETH Zürich
Wolfgang-Pauli-Strasse 10, CH-8093 Zürich

Sehr geehrter Herr Präsident, lieber Herr Thauer, liebe Frau Thauer, sehr geehrte Festgemeinde,

es ist eine grosse Freude, dass die Carl Friedrich Gauss-Medaille dieses Jahr an Professor Thauer verliehen wird. Gerne wirke ich aus diesem Anlass am Wissenschaftlichen Symposium und damit auch an Ihrer heutigen Jahresversammlung mit. Wie Sie dem Titel meines Vortrags entnehmen, möchte ich Ihnen im Folgenden einen Einblick in das mikrobielle Leben auf Oberflächen von Blättern geben. Bevor ich auf diesen Lebensraum für Kleinstlebewesen zu sprechen komme, möchte ich das Thema in einen breiteren Kontext stellen und zunächst allgemeine Fragen formulieren: Welche besonderen Eigenschaften sind dafür verantwortlich, dass sich ein Mikroorganismus an einem Ort vermehren kann? Besonders spannend erscheinen Stoffwechselleistungen, die es Mikroorganismen erlauben, praktisch überall zu existieren. Im Laufe ihrer fast vier Milliarden Jahre dauernden Evolutiongeschichte haben insbesondere die zellkernlosen prokaryontischen Organismen, d.h. Bakterien und Archaeen, eine enorme Vielfalt an Eigenschaften und Anpassungsmechanismen an verschiedene Lebensräume entwickelt. Eine zweite Frage lautet: Welche Bedeutung haben Mikroorganismen in ihrer Umgebung? Sie katalysieren vielfältige Prozesse beim Ab- bzw. Umbau organischer und anorganischer Substanzen. Sie haben durch ihre katalytischen Eigenschaften die Erdgeschichte entscheidend mitgeprägt, und spielen auch heute eine Schlüsselrolle in den globalen Kreisläufen der Elemente. Mikroorganismen können dabei freilebend vorkommen oder in Ge-

* Der Vortrag wurde am 16.05.2008 beim Kolloquium anlässlich der Jahresversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehalten.

meinschaft mit höheren Lebewesen wie zum Beispiel Pflanzen. Viele dieser Prozesse erscheinen unspektakulär im Vergleich zu Krankheitserregern, die ihr Umfeld zerstören. Unspektakulär erscheinen sie aber nur deshalb, weil sie Teil eines ausbalancierten Systems sind, das den Normalfall darstellt und als selbstverständlich angesehen wird.

Im Folgenden möchte ich Ihnen ein bedeutendes natürliches System für Mikroorganismen vorstellen und die erwähnten Fragen im spezifischen Kontext aufgreifen. Pflanzen besitzen die wichtige Fähigkeit, mit Hilfe der Photosynthese das Sonnenlicht als Energiequelle zu nutzen, um zum Leben notwendige organische Stoffe wie Zucker aus Kohlendioxid herzustellen und Sauerstoff aus Wasser freizusetzen. Den eigentlichen Ort der Reaktionen der Photosynthese stellen die Chloroplasten dar, die Endosymbionten bakteriellen Ursprungs sind und in den Pflanzenzellen vorkommen. Dabei wird ausschliesslich Kohlendioxid als Kohlenstoffquelle genutzt. Einen Teil der assimilierten Verbindungen geben die Pflanzen wieder ab. Insbesondere gilt dies für den Wurzelbereich. Dort werden bis zu 20% des assimilierten Kohlenstoffs wieder als Exsudate ausgeschieden. Diese Verbindungen stellen die Grundlage für eine dichte Besiedlung des Raums um die Wurzeln durch Mikroorganismen dar. 1904 führte Lorenz Hiltner den Begriff „Rhizosphäre“ ein, um dieses Habitat für Mikroorganismen zu beschreiben.

Der Rhizosphäre können wir die Phyllosphäre gegenüberstellen, den Bereich der oberirdischen Teile von Pflanzen. Die Hauptmasse der Phyllosphäre machen dabei die Blätter aus. Der Begriff „Phyllosphäre“ wurde erst vor etwas mehr als 50 Jahren durch F. Last eingeführt und begründete das Gebiet der Mikrobiologie der Phyllosphäre. Historisch gesehen ist dieses Forschungsgebiet deutlich jünger als das der Rhizosphäre. Auch in der Phyllosphäre befinden sich Mikroorganismen. Diese leben an der Grenzfläche zwischen Pflanze und Atmosphäre. Ein schematischer Blattquerschnitt zeigt, dass die Blätter von einer Epidermis an der Ober- und Unterseite umgeben sind. Im Blattinneren befinden sich die Zellen, die die Chloroplasten enthalten und für die Photosynthese verantwortlich sind. Zwischen diesen Zellen sind meist große Zwischenräume, die über die Spaltöffnungen direkt mit der Außenluft verbunden sind. Der Epidermis ist eine hydrophobe Wachsschicht aufgelagert, die Cuticula, die das Verdunsten aus dem Blattinneren vermindert sowie den Austritt von Nährstoffen an die Oberfläche begrenzt. Dennoch gelangen Nährstoffe auf die Blattoberfläche, wo sie dann die Lebensgrundlage für Mikroorganismen darstellen können. Und tatsächlich gibt es Mikroorganismen, die auf der Epidermis des Blattes leben. Man spricht von Epiphyten auf der Oberfläche im Gegensatz zu Endophyten, die im Inneren der Pflanze leben.

Wir können uns vorstellen, dass das Leben auf Blattoberflächen besondere Anforderungen an die dort lebenden Mikroorganismen stellt, insbesondere in Hinblick auf UV-Strahlung, Temperaturschwankungen, die Verfügbarkeit von Wasser und das begrenzte Vorkommen von Nährstoffen. Dieser Lebensraum kann

für die dort lebenden Mikroorganismen extreme Bedingungen bedeuten. Ausschlaggebend sind dabei weniger die einzelnen Parameter selbst, als vielmehr ihre Kombination und schnell auftretende Veränderungen. Wir können erwarten, dass im Laufe der Evolution Anpassungsmechanismen entstanden sind. Diese erlauben den Mikroorganismen, auf Pflanzen nicht nur zu überleben, sondern sich dort auch zu vermehren. Zahlenmäßig dominieren Bakterien die mikrobielle Population auf Blattoberflächen im Vergleich zu den dort auch vorkommenden Pilzen. Bakterien haben in der Regel eine Größe von ein bis zwei Mikrometern. Dementsprechend groß ist die Zahl der Bakterien, die auf einem Quadratzentimeter Blattoberfläche Platz haben: Schätzungen belaufen sich auf ein bis 10 Millionen Zellen pro Quadratzentimeter. Die gesamte Oberfläche von terrestrischen Pflanzen wird auf eine Milliarde Quadratkilometer geschätzt. Dies entspricht etwa dem Zweifachen der gesamten Erdoberfläche. Damit ist der Lebensraum der Blattoberflächen eine der größten biologischen Oberflächen, die von Mikroorganismen bewohnt werden.

Die Oberfläche von Blättern ist mikroskopisch gut zu untersuchen. Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen von Blattoberflächen zeigen, dass die Oberfläche nicht eben ist, sondern einer „Hügellandschaft“ gleicht – dies zumindest aus der Perspektive eines Bakteriums. Die Bakterien befinden sich insbesondere in den Vertiefungen, die die Zellen der Epidermis bilden, da dort vermutlich die Feuchtigkeit länger zurückgehalten wird und mehr Nährstoffe verfügbar werden.

Eine weitere Möglichkeit, die Anwesenheit von Mikroorganismen auf Blattoberflächen zu verdeutlichen, sind Blattabdrücke auf ein festes Nährmedium. Hier beeinflusst die Zusammensetzung des Mediums, welche Mikroorganismen sich nach Entfernen des Blattes auf der Oberfläche des Mediums vermehren können. Es dauert mehrere Tage, bis sich die Mikroorganismen auf diesem künstlichen Labormedium soweit vermehrt haben, dass wir sie mit bloßem Auge als Kolonien erkennen können. Die Position des Blattes und die Art des Blattes, das auf die Oberfläche gedrückt wurde, lässt sich an den Konturen leicht erkennen. Dabei wird gleichzeitig erkennbar, dass unterschiedliche Arten von Mikroorganismen auf einem Blatt vorkommen, und die Verschiedenartigkeit der bakteriellen Kolonien auf dem Nährmedium zeigt sich.

Für tiefer gehende Untersuchungen des bakteriellen Lebens auf Blattoberflächen ist ein Modellorganismus hilfreich. Dies führt zu der Frage, welche Mikroorganismen auf Blättern vorkommen. In einer amerikanischen Studie¹ wurden

¹ HIRANO, S.S., UND C.D. UPPER (1991): Bacterial community dynamics, Seiten 271-294. In J.H. ANDREWS and S.S. HIRANO (ed.), *Microbial ecology on leaves*. Springer-Verlag, New York.

Zellzahlen für verschiedene Populationen von Bakterien auf Blättern der Ackerbohne bestimmt. Beschrieben wurden darin Bakterien, die Namen tragen wie *Xanthomonas*, *Pseudomonas* und *Erwinia*. In der Studie wurde deutlich, dass diese Bakterien zwar in einer hohen Zellzahl auf einzelnen Blättern auftraten, auf anderen Blättern dagegen nicht nachweisbar waren. Ihr sporadisches Auftreten lässt vermuten, dass diese Mikroorganismen möglicherweise durch die Luft auf einem Blatt landeten oder von einem Insekt übertragen wurden und sich dort vermehrten. Es zeigte sich weiterhin, dass Bakterien der Gattung *Methylobacterium* zahlenmäßig sehr häufig auf Blattoberflächen vorkommen. Im Unterschied zu den erstgenannten Organismen wurden Bakterien der Gattung *Methylobacterien* auf allen Blättern gefunden und bildeten eine konstant hohe Population. Es handelt bei diesen Bakterien um sogenannte Methyilotrophe. Diese sind in der Lage, in Gegenwart von einfachen reduzierten Kohlenstoffverbindungen mit nur einem Kohlenstoffatom wie z.B. Methanol zu wachsen. *Methylobacterium*-Arten sind fakultativ methyilotroph, d.h. sie können auch eine begrenzte Anzahl anderer Verbindungen wie z.B. organische Säuren als Kohlenstoffquellen nutzen. Methyilotrophe lassen sich sehr leicht auf Blättern nachweisen. Wenn wir Blätter nicht auf ein komplexes Vollmedium mit vielen verschiedenen Kohlenstoffquellen drücken, sondern auf ein Minimalmedium, das lediglich Methanol als Kohlenstoffquelle enthält, wird die Population der methyilotrophen Bakterien deutlich sichtbar. Sie sind rosafarben pigmentiert, was auf die Anwesenheit von Carotinoiden zurückzuführen ist. Besonders interessant erscheint, dass sich diese Bakterien auf allen bislang dahingehend untersuchten Pflanzen nachweisen lassen, was durch eine ganze Reihe von Studien verschiedener Wissenschaftler dokumentiert wurde. Dies deutet auf eine sehr gute Anpassung an diesen Lebensraum hin und eine besondere Eignung dieser Bakteriengruppe, sich dort zu vermehren. Wir verwenden sie in meiner Arbeitsgruppe deshalb als Modell, um spezifische Fragen zu stellen: Wo genau befinden sich *Methylobacterien*? Wie passen sie sich an die Umgebung an?

Zunächst zur Frage, wo genau sich diese Bakterien auf der Blattoberfläche befinden. Dazu haben wir die Bakterien mit einem grün fluoreszierenden Protein markiert und können sie so auf Blättern als Stäbchen erkennen und lokalisieren. Die Aufnahme einer Reihe von fluoreszenzmikroskopischen Bildern dieser „leuchtenden“ Bakterien auf Blättern der Luzernepflanze haben uns folgendes gezeigt: Schon die Oberfläche der Keimblätter ist dicht mit Bakterien besiedelt, die dort große Aggregate bilden. Auch die Folgeblätter sind besiedelt, hier insbesondere die untere, besser geschützte Blattfläche. Insbesondere sind sie dort an der Basis von Blatthärchen zu finden, die als Verdunstungsschutz dienen und auch der Abwehr von Freßfeinden. Ausserdem sitzen sie auch hier in den Vertiefungen, die sich zwischen benachbarten Epithelzellen ausbilden. Desweiteren konnten wir beobachten, dass *Methylobacterium* auch in der Lage ist, in das Blattinnere einzudringen. Dort kommen die Bakterien in den Zwi-

schenräumen der pflanzlichen Zellen vor. Bilder von Spaltöffnungen, die mit Methylobakterien gefüllt erscheinen, legen nahe, dass sie über diese Eintrittspforten ins Pflanzeninnere gelangen, ein Weg, der auch von pathogenen Bakterien bekannt ist.

Welche Mechanismen gibt es nun zur Anpassung an das Leben auf Blattoberflächen? Als ein wichtiger Faktor wurde die Pigmentierung identifiziert. Mit Carotinoiden schützen sich die Zellen vor der UV-Strahlung, die die Entstehung radikalischer Sauerstoffverbindungen auslösen und zur Schädigung der DNA führen. Viele der Bakterien auf Blattoberflächen sind pigmentiert. Wie bereits erwähnt, gilt dies auch für methylorophe Bakterien, die auffällig rosafarben sind.

Welche weiteren Faktoren sind für die Besiedlung der Phyllosphäre wichtig? Es ist relativ naheliegend, den Stoffwechsel der Methyloprophen anzuschauen. Wie bereits erwähnt, können Methyloprope, wie der Name suggeriert, auf Methanol (Methylalkohol) und methylierten Verbindungen wachsen. Das Wachstum mit dieser Einkohlenstoffverbindung erfordert besondere Proteine. Ich möchte auf diesen Metabolismus zunächst eingehen, bevor ich zur Frage der Bedeutung für das Leben in Assoziation mit Pflanzen zurückkomme. Das Prinzip des methyloprophen Stoffwechsels von *Methylobacterium* liegt darin, die reduzierte Kohlenstoffquelle, z.B. Methanol, vollständig zu oxidieren, wobei Kohlendioxid als Endprodukt entsteht. Dabei gewinnt die Zelle Reduktionsäquivalente, die sie zur Energiegewinnung einsetzt. Als Zwischenprodukt entsteht Formaldehyd, das zum einen für die Biosynthese von Zellbestandteilen verwendet werden kann oder unter Gewinnung von Energie zu Kohlendioxid umgesetzt werden kann. Die Entstehung von Formaldehyd stellt einen zentralen, aber kritischen Punkt im Stoffwechsel dar. Formaldehyd ist einerseits ein notwendiges Zwischenprodukt, aber andererseits ist es auch sehr toxisch und schädigt Zellbestandteile. Die Zelle muss es also sehr effizient umsetzen und seine Anhäufung verhindern. Tatsächlich konnten wir in unseren Untersuchungen feststellen, dass für die Oxidation von Formaldehyd eine ganze Reihe von Enzymen verantwortlich sind. Wir konnten zeigen, dass es zwei parallele Stoffwechselwege gibt. Dabei wird die Ein-Kohlenstoffverbindung Formaldehyd zunächst an Hilfs- oder Cofaktoren gebunden, bevor es katalytisch weiter umgesetzt wird. In einem dieser Wege wird Tetrahydrofolat verwendet, das in praktisch allen Organismen Vorläufer für verschiedene Biosynthesen liefert, zum Beispiel als Ausgangsmolekül für die Bausteine der DNA. Tetrahydrofolat stellt für uns Menschen ein Vitamin dar, es ist somit eine essentielle Verbindung, die wir mit der Nahrung aufnehmen müssen. Methyloprope Bakterien besitzen Tetrahydrofolat ebenfalls, besitzen aber zusätzlich - und das ist für ihr Wachstum in Gegenwart von Methanol entscheidend - einen zweiten Weg zur Oxidation von Formaldehyd. In diesem kommt ein anderer Cofaktor zum Einsatz, der dem

Tetrahydrofolat ähnelt, das sogenannte Tetrahydromethanopterin. Dieses Molekül war zuvor nur aus methanogenen Archaeen bekannt, strikt anaeroben Organismen, die für die Methanbildung verantwortlich sind – also dem Prozess, den der Preisträger, Professor Thauer, im Wesentlichen aufgeklärt und die daran beteiligten Enzyme erstmals beschrieben hat. Dieser Prozess der Methanogenese läuft formal ausgehend von Kohlendioxid über die Oxidationsstufen der Ameisensäure, des Formaldehyds und des Methanol bis zum Methan. Die Methylotrophen besitzen zum Teil ganz ähnliche Enzyme wie die methanogenen Archaeen, aber auch neuartige Enzyme, wie wir in unseren Studien gefunden haben. Wenn ich an dieser Stelle wir sage, möchte ich hervorheben, dass dieses „wir“ Herrn Thauer mit einschließt. Tatsächlich habe ich in meiner Postdoktorandenzeit diese Enzyme in seiner Arbeitsgruppe gemessen und begonnen, sie zu charakterisieren. Methylotrophe Bakterien können durch eine raffinierte Kombination der Enzyme ihres Stoffwechsels Formaldehyd sehr effizient umsetzen. Ein erster Trick, den sie einsetzen, um eine Anhäufung von Formaldehyd zu verhindern, ist die Verwendung einer irreversiblen Enzymreaktion. Desweiteren sichert sich die Zelle mit einem Formaldehyd-aktivierenden Enzym ab, indem sie die spontane Reaktion des Formaldehyds mit dem Cofaktor Tetrahydromethanopterin beschleunigt. Alle Enzyme dieses Weges sind essentiell für das Wachstum in Anwesenheit von Methanol.

Nachdem wir wissen, welche Enzyme für die Umsetzung von Methanol verantwortlich sind und die kodierenden Gene identifiziert haben, können wir testen, wie wichtig diese für die Besiedlung von Pflanzen sind. Aber warum sollte Methanol für die Besiedlung von Pflanzen überhaupt wichtig sein? Tatsächlich produzieren Pflanzen Methanol, das auch als Holzgeist bezeichnet wird. In ihren Zellwänden besitzen die Pflanzen Enzyme, die Methylgruppen von Zuckern in den Zellwänden hydrolytisch abspalten. Diese Reaktion ist während des Wachstums der Pflanzen für den Aufbau der pflanzlichen Zellwände sehr wichtig. Unsere Arbeitshypothese war, dass methylotrophe Bakterien das Methanol der Pflanze als Energie- und Kohlenstoffquelle verwenden und so einen Wachstumsvorteil gegenüber anderen Mikroorganismen haben. Wir können dazu zum Beispiel eine Mutante verwenden, bei der der Methanolstoffwechsel beeinträchtigt ist. Mit Hilfe von Konkurrenzexperimenten haben wir diese Hypothese überprüft. Dazu mischt man den Wildtyp im gleichen Mengenverhältnis mit einer Mutante und verfolgt, ob die Mutante konkurrenzfähig ist. Wir haben den Wildtyp der Methylobakterien mit einer Mutante gemischt, deren Methanolstoffwechsel beeinträchtigt ist. Mit dieser Mischung haben wir Pflanzensamen inokuliert und getestet, ob sich der Anteil der im Methanolstoffwechsel gestörten Mutante im Verhältnis zum Wildtyp während der Kolonisierung der Pflanzen verändert. Wir konnten zeigen, dass sich das Verhältnis der beiden Stämme zu Ungunsten der Mutante verschiebt. Das bedeutet, dass die Mutanten beim Wachstum auf der Pflanze einen Nachteil gegen-

über dem Wildtyp haben. Daraus können wir schließen, dass die Fähigkeit, Methanol zu verwenden, beim Wachstum auf der Pflanze von Bedeutung ist. Dennoch können die Mutanten sich vermehren, wenn wir sie allein auf sterile Pflanzen geben – d.h. wenn sie ohne Konkurrenz sind. Daraus schließen wir, dass sie auf den Pflanzen auch noch andere Kohlenstoffquellen nutzen können als Methanol.

Wir haben bislang gesehen, dass die Methanolumsetzung von Bedeutung für die Vermehrung dieser Bakterien auf der Pflanze ist. Dies hatten wir vermutet und konnten diese Vermutung durch unsere Experimente bestätigen. Spannend finden wir weiterhin, neue Proteine zu identifizieren, die wichtig für das Wachstum auf der Pflanze sind und deren Bedeutung wir noch nicht kennen. Ich möchte nun im letzten Teil zeigen, wie wir solche bakteriellen Proteine, die für die Besiedlung von Pflanzen notwendig sind, gefunden haben. Das experimentelle Verfahren, das wir angewandt haben, basiert auf der Analyse des Proteoms, der Gesamtheit der Proteine der Zellen. Dem zugrunde liegt die Beobachtung, dass Zellen die Synthese von Proteinen ihren Bedürfnissen anpassen. So werden in der Regel nicht mehr benötigte Proteine auch nicht mehr hergestellt bzw. abgebaut, um Ressourcen zu sparen. Demgegenüber werden neu benötigte Proteine verstärkt produziert. Das Gesamtmuster der Expression aller Proteine gibt aus diesem Grund wertvolle Aufschlüsse darüber, welche Proteine unter einer bestimmten Bedingung für die bakterielle Zelle wichtig sind. Wir haben deshalb das Proteom von Zellen in der Phyllosphäre mit dem Proteom von Zellen auf einer synthetischen Oberfläche verglichen, um zu lernen, welche Proteine spezifisch für den Lebensraum Blattoberfläche sind. Eine etablierte Technik für Proteomanalysen ist die zweidimensionale Gelelektrophorese, in der die Proteine nach ihrem isoelektrischen Punkt und ihrem Molekulargewicht nacheinander in zwei Dimensionen getrennt werden. Mit dieser Methode war es uns möglich, die Proteinmuster verschiedener Proben miteinander zu vergleichen und die Proteine zu identifizieren, die charakteristisch für die Pflanzenbesiedlung sind. Dies hat uns erlaubt, zahlreiche Proteine zu finden, die bei der Besiedlung der Pflanze vermutlich eine wichtige Rolle spielen. Diese fallen in mehrere Kategorien. So haben wir bekannte Proteine aus dem methylotrophen Stoffwechsel gefunden, wie das Formaldehyd aktivierende Enzym und andere Proteine, die möglicherweise an der Verstoffwechselung alternativer Kohlenstoffquellen beteiligt sein könnten. Desweiteren haben wir Transportproteine für Eisen, Phosphat und Sulfat identifizieren können, was nahe legt, dass Eisen, Phosphor und Schwefel limitierend auf Blattoberflächen sein könnten. Ausserdem haben wir eine Reihe von klassischen sogenannten Stressproteinen gefunden. Damit sind Helferproteine gemeint, die an der Proteinfaltung beteiligt sind, die die DNA schützen oder auch toxische Sauerstoffmoleküle wie Superoxidationen oder Wasserstoffperoxid unschädlich machen. Sie entstehen verstärkt unter Lichteinfluss als Nebenprodukt im Stoffwechsel. Ferner haben wir Proteine gefunden, deren Funktion wir noch nicht kennen. Diese zu entschlüsseln ist

keine leichte Aufgabe. Ein erster Schritt hierzu kann aber die Aufklärung der Bedingungen sein, unter denen diese Proteine verstärkt produziert werden. Eine vierte Kategorie von Proteinen beinhaltet Regulatoren. Diese Gruppe war durch lediglich einen Kandidaten repräsentiert, der dafür umso interessanter erschien. Wir haben ihn deshalb Phyllosphäre-induzierten Regulator PhyR genannt. Regulatoren sind wichtig, da sie die Expression vieler Gene steuern.

Den putativen Regulator haben wir näher analysiert und auf seine Bedeutung getestet. Dazu wurde von uns das Gen für PhyR aus dem Organismus entfernt, und es wurden wiederum Konkurrenzexperimente mit dem Wildtyp durchgeführt. Dabei zeigt sich, dass eine Mutante ohne den Regulator, nach gemeinsamer Inokulation mit dem Wildtyp nach einiger Zeit gar nicht mehr nachweisbar ist. Auch Einzelinokulationsexperimente ohne Konkurrenz zeigen eindeutig, dass eine Mutante ohne dieses Regulatorprotein nicht mehr in der Lage ist, Pflanzen zu besiedeln. Es handelt sich also offensichtlich um einen wichtigen Regulator. Aber welche Gene werden nun durch den Regulator PhyR kontrolliert? Wir konnten zeigen, dass PhyR einen Großteil derjenigen Gene reguliert, die beim Wachstum der Bakterien auf der Pflanzenoberfläche verstärkt angeschaltet werden. Dies gilt insbesondere für die Gruppe der bereits erwähnten Stressproteine. Im Labor haben wir die Mutante ohne den Regulator PhyR verschiedenen Stressbedingungen wie UV-Strahlung, Austrocknung, erhöhter Salzkonzentration, Temperaturerhöhung und reaktiven Sauerstoffspezies ausgesetzt. In all diesen Fällen weist die PhyR-Mutante einen klaren Defekt auf. PhyR vermittelt demzufolge eine Resistenz gegenüber verschiedenen Umweltfaktoren. Interessanterweise sind es solche, die für die natürliche Umgebung der Bakterien während der Besiedlung von Pflanzen wichtig sind. In unseren derzeitigen Untersuchungen klären wir die Funktionsweise dieses Regulators nun auf molekularer Ebene weiter auf. Interessanterweise kommen ähnliche Proteine auch in anderen Bakterien vor, wo ihre Funktion noch unbekannt ist.

Am Ende meines Vortrags möchte ich noch auf drei offene Fragen zu sprechen kommen. Erstens: Welche Bedeutung hat die Besiedlung durch Mikroorganismen für die Pflanze und den globalen Kohlenstoffkreislauf? Wir wissen, dass methylotherme Bakterien Methanol auf den Pflanzen verwerten. Darauf deuten die Konkurrenzexperimente hin sowie die Expression von Proteinen des methylothermen Stoffwechsels während der Pflanzenbesiedlung. Wir wissen nicht, wie viel Methanol von Mikroorganismen auf oder insbesondere auch in den Pflanzen wieder zu Kohlendioxid umgesetzt wird, das die Pflanze dann wiederum verwerten kann. Schätzungen besagen, dass 100 Tg Methanol pro Jahr von Pflanzen produziert werden. Wie hoch wäre diese Zahl, wenn es keine methylothermen Bakterien auf den Pflanzen gäbe? Was bedeutete für uns Menschen dann ein Waldspaziergang? Zweitens: Methylotherme Bakterien fördern die Keimung von Samen und das Wachstum von Pflanzen. Zahlreiche Studien zeigen dieses an sich bekannte Phänomen. Seine Ursache allerdings ist noch unbekannt. In diesem Zusammenhang wird über die Produktion von Pflanzen-

hormonen durch die Bakterien spekuliert. Drittens: Könnte es sein, dass methylootrophe Bakterien eine Rolle dabei spielen, das Wachstum pflanzenpathogener Organismen zu begrenzen? Sehen wir also deshalb in der Regel gesunde Pflanzen, weil es kommensale Bakterien, eben nicht-pathogene „Platzhalter“ gibt? Diese könnten entweder aktiv auf andere Mikroorganismen wirken oder passiv, indem sie um Nährstoffe wie z.B. Makro- oder Spurenelemente konkurrieren und Nischen besetzen, die auch von pflanzenschädlichen Mikroorganismen besiedelt werden. Es handelte sich dann um pro-biotische Stämme.

Ich möchte zusammenfassen: Pflanzen beherbergen eine Population von Mikroorganismen auf ihren Blattoberflächen. Viele dieser Bewohner fügen der Pflanze keinen Schaden zu und haben sich an diesen Lebensraum angepasst. Eine wichtige Gruppe von Bakterien, die auf allen untersuchten Blattoberflächen zu finden ist, sind *Methylobacterium*-Arten. Diese besitzen einen Stoffwechsel, der auf der Umwandlung von Einkohlenstoffverbindungen basiert und es ihnen ermöglicht, von der Pflanze produziertes Methanol zu nutzen. Proteomanalysen eignen sich besonders gut, wichtige Proteine für die Anpassung an das Leben auf Blattoberflächen zu identifizieren. PhyR stellt einen Schlüsselregulator dar, der solche Mechanismen reguliert.

Am Schluss möchte ich meinen Mitarbeitern für ihr Engagement danken und Ihnen allen für die Aufmerksamkeit.

Vom Einbau des Treibhausgases CO₂ in die Zellen*

GEORG FUCHS

Mikrobiologie, Fakultät Biologie, Universität Freiburg,
Schänzlestr. 1, D-79104 Freiburg

Das Leben – aus dem Blickwinkel der Chemie betrachtet – besteht aus einem Kreislauf von organischen Kohlenstoffverbindungen, die von den Pflanzen aus anorganischem Kohlendioxid mit Hilfe der Energie des Sonnenlichts aufgebaut werden. Diese organischen Moleküle dienen als Nahrung für Mensch, Tier und Mikroorganismen und werden unter Energiefreisetzung wieder zu Kohlendioxid und Wasser abgebaut. Erstere Organismen nennt man *autotroph*, das heißt sich selbst ernährend. Letztere werden *heterotroph* genannt, da ihr Leben von der chemischen Arbeit anderer Lebewesen abhängt, d. h. sie ernähren sich von anderen. In diesem Beitrag soll die biologische Synthese von organischen Verbindungen aus anorganischem Kohlendioxid beleuchtet werden. Es zeigt sich, dass es Mikroorganismen sind, welche die wahren Lehrmeister für diesen zentralen Lebensprozess sind.

1. Meilensteine der Forschung

Jan Ingenhousz erkannte bereits 1779 den Zusammenhang zwischen dem Wachstum der Pflanzen und der CO₂-Fixierung (seine Tätigkeit als Hofarzt von Georg III und Maria Theresia, deren Familien er gegen Pocken impfte, ist eher bekannt). Er hat durch genau durchgeführte Experimente zur *Photosynthese* und schlüssige Interpretation seiner Ergebnisse gezeigt, dass der Kohlenstoff der Pflanzen aus dem CO₂ der Luft stammen muss. In seinem Experiment bilanzierte er das Wachstum eines Bäumchens. Während die Pflanze im Laufe der Zeit eine beachtliche Trockenmasse gebildet hatte, die Kohlenstoff als mengenmäßig wichtigstes Element enthielt, blieb die Trockenmasse der Bodensubstanz nahezu unverändert. Der Kohlenstoff konnte also nur aus der Luft gekommen sein. Eine bahnbrechende Entdeckung machte Sergei Winogradsky um 1889: Er fand Bakterien, die ausschließlich von anorganischer Substanz leben und auch das

* Der Vortrag wurde am 16.05.2008 beim Kolloquium anlässlich der Jahresversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehalten.

Zellmaterial daraus aufbauen, die – mit seinen Worten ausgedrückt – eine *Chemosynthese* betreiben. Harland Wood entdeckte um 1945 bei der Untersuchung der Propionsäuregärung, dass auch heterotrophe Bakterien CO_2 fixieren. Diese *heterotrophe CO_2 -Fixierung* in Zellbausteine gilt sogar für Mensch und Tier, auch wenn sie nur geringfügig zur Kohlenstoffbilanz beiträgt. Schließlich entschlüsselten Melvin Calvin und Kollegen um 1950 den *Stoffwechselzyklus zur Fixierung von CO_2* in den Chloroplasten der grünen Pflanzen. Am selben Ort, in Berkeley, fanden Daniel Arnon und Mitarbeiter um 1966 in einem Photosynthese betreibenden Bakterium einen alternativer Stoffwechselzyklus zur Synthese von Zellsubstanz aus CO_2 .

Der Prozess der CO_2 -Fixierung in organische Substanz markiert auch den Beginn des Lebens auf der Erde. Die *Chemoevolution*, die Synthese der wichtigsten Lebensmoleküle ausgehend von anorganischer Substanz, war die Voraussetzung für die Entstehung des Lebens. Dieser Vorgang ist bis heute ein Rätsel.

2. Der Prozess der CO_2 -Fixierung heute

Der Prozess der CO_2 -Fixierung bildet die materielle Grundlage für das Leben. Jährlich werden schätzungsweise 2×10^{11} Tonnen CO_2 in Biomoleküle fixiert; es ist der mengenmäßig bedeutendste Syntheseprozess. Er baut auf dem geringen CO_2 -Gehalt der Luft auf, der nur etwa 0,037 Volumenprozent ausmacht. Freilich mit steigender Tendenz, was Anlass zu Besorgnis gibt. Denn dieses Spurengas, vom dem das Leben abhängt, ist auch ein Treibhausgas, das zur Erderwärmung beiträgt. Diese Zunahme des CO_2 -Gehaltes der Luft ist verursacht durch die Verbrennung der fossilen Kohlenstoffvorräte. (Die Kohlenstoffverbindungen der Kohle- und Öllagerstätten wurden im Laufe der Erdgeschichte von Pflanzen geschaffen und blieben unter Luftabschluss erhalten, insbesondere die aromatischen Verbindungen des Lignins der Landpflanzen). Der organische Kohlenstoff der Pflanzen wird von heterotrophen Tieren und Mikroorganismen wieder zu CO_2 oxidiert und der Kreislauf ist geschlossen.

3. Photosynthese versus Chemosynthese

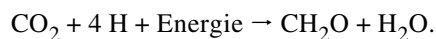
Wir haben bisher als autotrophe Produzenten von organischen Verbindungen hauptsächlich die Pflanzen erwähnt. Diese beziehen ihre Energie direkt aus dem Sonnenlicht. Der Prozess der CO_2 -Fixierung und der Photosynthese findet in den Chloroplasten statt, Organellen, die sich von Cyanobakterien (auch Blaualgen genannt) ableiten. Diese Bakterien haben maßgeblich die Synthese von organischer Substanz aus CO_2 betrieben, lange bevor es vor etwa 1,2 Milliarden Jahren zur *Endosymbiose* dieser Bakterien mit der Vorläuferzelle der Pflanzen

gekommen ist. Die Photosynthese der Cyanobakterien und damit der Chloroplasten ist auch gekoppelt an die Bildung von Sauerstoff aus Wasser, eine weitere Voraussetzung für höheres Leben.

Allerdings dürfte ursprünglich eine anaerobe (sauerstoffunabhängige) Chemosynthese die Biologie geprägt haben. Eine anaerobe Chemosynthese wird von Bakterien betrieben, die ihre Lebensenergie aus der Umsetzung von anorganischen Verbindungen beziehen, ohne dass sie zum Leben Sauerstoff benötigen. Auch der Zellkohlenstoff stammt aus anorganischem CO₂. Über die Hälfte der Zeitspanne der Erdgeschichte enthielt die Erdatmosphäre keinen Sauerstoff; er wurde erst durch die Photosynthese der Cyanobakterien aus Wasser gebildet. Anaerobe (ohne Sauerstoff lebende) Mikroorganismen, welche eine Chemosynthese betreiben, findet man noch heute zahlreich vor allem in vulkanischen Gebieten. Darunter sind viele Archaeobakterien, die an extreme Bedingungen angepasst sind. Die *Archaeobakterien* stellen neben den bekannten Bakterien, den Eubakterien, eine gesonderte Entwicklungslinie dar. Solchen „Urlebewesen“ gelingt es beispielsweise, Energie aus der Reduktion von Schwefel zu Schwefelwasserstoff zu beziehen. Bei dieser ungewöhnlichen „Atmung“ dient Wasserstoff als Reduktionsmittel, Schwefel als Oxidationsmittel. Ihre Zellsubstanz bauen sie – wie die Pflanzen – aus anorganischem CO₂ auf, freilich auf anderen Wegen. Wir werden darauf zurückkommen.

4. Das Grundprinzip

Aus dem Gesagten geht hervor, dass der Prozess der CO₂-Fixierung nicht mit Photosynthese gekoppelt sein muss. Während der ersten Hälfte der Erdgeschichte war er vermutlich vor allem an eine Chemosynthese in Bakterien gebunden. Letztlich erfordert die CO₂-Fixierung ein Reduktionsmittel, um den Kohlenstoff im CO₂ von der Oxidationsstufe + 4 auf die Stufe der Zellverbindungen mit der mittleren Oxidationsstufe 0 zu reduzieren. Ein einfaches, häufig von anaeroben Mikroorganismen verwendetes anorganisches Reduktionsmittel ist molekularer Wasserstoff. Der Zellkohlenstoff entspricht formal den Kohlenhydraten oder auch Formaldehyd, mit der Summenformel CH₂O. Diese Reduktion des Kohlendioxids erfordert Energie (ATP) und folgt der Gleichung



Um CO₂ handhaben zu können, muss es durch Enzyme, Carboxylasen genannt, an ein organisches Trägermolekül gebunden werden. Diese Anfangsverbindung muss in einem Kreisprozess wieder zurückgebildet werden; man spricht von einem Stoffwechselzyklus. Das gebundene CO₂ kann dann auf die Oxidationsstufe der Zellverbindungen reduziert werden.

Aus dem Stoffwechselzyklus lassen sich – nach mehreren Umläufen – geeignete Zwischenverbindungen mit mehreren C-Atomen für Biosynthesen abzweigen, ohne dass der Kreisprozess unterbrochen wird. Die Kopplung an den Energiestoffwechsel erfolgt durch die Bereitstellung von ATP als universellem Energieträger, der auch die CO_2 -Fixierung antreibt. Kein Sauerstoff ist nötig noch wird er gebildet. Bevor Enzyme die chemischen Reaktionen der Zelle katalysiert haben, müssen wohl am Anfang, während der Phase der Chemoevolution, anorganische Katalysatoren, vor allem Metallkomplexe, aber auch Oberflächen von Mineralien und einfache organische Cofaktoren, als primitive Katalysatoren gewirkt haben.

5. Etablierte Stoffwechselwege der CO_2 -Fixierung

Im Folgenden sollen in der chronologischen Reihenfolge ihrer Entdeckung diejenigen heute gut bekannten Wege beschrieben werden, mit denen Organismen in der Lage sind, ihr Zellmaterial aus CO_2 aufzubauen.

1. *Calvin-Zyklus*. Er verkörpert das erwähnte Zyklus-Prinzip. Als Startverbindung und Akzeptor des CO_2 dient ein C_5 -Zucker, Ribulose 1,5-bisphosphat. Die Carboxylase, welche CO_2 an diesen Akzeptor anlagert unter Bildung eines C_6 -Zuckers, ist die Ribulose 1,5-bisphosphat-Carboxylase. Es ist das häufigste Protein auf der Erde. Das Enzym spaltet dann die gebundene C_6 -Zwischenverbindung mit Wasser in zwei Moleküle Glycerinsäure 3-phosphat. Man nennt diese Carboxylase das Schlüsselenzym des Zyklus, da es in anderen Stoffwechselprozessen nicht vorkommt. Anschließend erfolgen die Reduktion des gebundenen CO_2 und die Rückbildung des CO_2 -Akzeptormoleküls. Dabei werden 3 ATP pro fixiertem CO_2 verbraucht.

Dieser Prozess ist bei weitem der am meisten verbreitete, einfach aufgrund der Tatsache, dass er in den Chloroplasten der Pflanzen, aber auch in den aeroben Eubakterien vorkommt. Das Vorkommen des Enzyms Ribulose 1,5-bisphosphat-Carboxylase in manchen Archaeobakterien (s. unten) ist rätselhaft, denn bislang ist das Funktionieren des Calvin-Zyklus dort nicht nachgewiesen [4]. Dieser Zyklus ist aber nicht der universelle CO_2 -Fixierungsmechanismus und wahrscheinlich auch nicht ursprünglich [6]. Die Natur kennt mehrere andere Wege, um Zellbausteine aus CO_2 aufzubauen, eine Tatsache, die wenig bekannt ist. Diese Vielfalt zu kennen ist besonders wichtig in der Geologie, wenn man aus dem Verhältnis der Kohlenstoffisotope ^{12}C und ^{13}C in fossilem Kohlenstoff Rückschlüsse auf die Entstehung dieser Verbindungen zieht. Im Gegensatz zu spontanen chemischen Reaktionen bevorzugen die Enzyme geringfügig das natürliche ^{12}C gegenüber dem seltenen ^{13}C (nur 1,1 % des Kohlenstoffs ist ^{13}C). Aus dieser Diskriminierung lassen sich Rückschlüsse auf die Entstehungsgeschichte von fossilem Kohlenstoff ziehen. Allerdings un-

terscheiden die verschiedenen Carboxylasen der verschiedenen Wege unterschiedlich stark. Wenn man nur vom Verhältnis der beiden Kohlenstoffisotope ausgeht, wie man es bei Pflanzen findet, kommt man zu falschen Rückschlüssen.

2. *Reduktiver Citrat-Zyklus*. Der Citrat-Zyklus ist der universell verbreitete Oxidationsprozess, mit dem die zentrale Zwischenverbindung des Zellstoffwechsels, die aktivierte Essigsäure Acetyl-Coenzym A, vollständig zu zwei CO₂ oxidiert wird. Es stellte sich heraus, dass dieser biologische Grundprozess umgekehrt werden kann und zur Synthese der aktivierten Essigsäure aus zwei Molekülen CO₂ führt [3]. Dazu müssen Oxidationsschritte durch Reduktionsschritte ersetzt werden, was einige Veränderungen der Enzymausstattung nötig macht. Die neuen Biokatalysatoren entstammen der Welt der anaeroben Mikroorganismen und werden durch Sauerstoff inaktiviert. Entsprechend findet man diesen Stoffwechselzyklus nur in Eubakterien, die ohne Sauerstoff oder bestenfalls mit geringen Konzentrationen von Sauerstoff zu leben vermögen. Der Prozess erfordert weit weniger Energie als der Calvin-Zyklus, was für anaerob lebende Mikroorganismen von Vorteil ist. Müssen sie doch ihren Energiehaushalt mit chemischen Reaktionen bestreiten, die weit weniger ATP abwerfen als die Sauerstoffatmung oder die Photosynthese.

3. *Reduktiver Acetyl-CoA-Weg*. Interessanterweise verwendet die Natur auch einen nicht-zyklischen Stoffwechselweg zur Synthese der aktivierten Essigsäure aus zwei CO₂. Dieser Prozess hat Gemeinsamkeiten mit der Synthese von organischen Molekülen aus Kohlenmonoxid, ein Prozess, der von *Reppe* in der Chemie eingehend studiert wurde. Reppe ist der erste Träger der Gauss-Medaille der Wissenschaftlichen Gesellschaft. Es ist ein bemerkenswertes Zusammentreffen, dass der Preisträger des Jahres 2008, *Rudolf Thauer*, maßgeblich dazu beigetragen hat, die Rolle des Kohlenmonoxid und des Übergangsmetalls Nickel in einem biologischen Analogprozess aufzuklären. Worum geht es? Der Natur ist es gelungen, CO₂ zu Kohlenmonoxid CO zu reduzieren und an einem Nickel enthaltenden Zentrum zu binden. Auf getrenntem Weg wird ein weiteres Molekül CO₂ bis zur Stufe des Methanols reduziert, wobei die Zwischenstufen an Coenzyme gebunden bleiben. Führt man die beiden Gruppen Kohlenmonoxid CO und Methanol CH₃OH zusammen, entsteht ein enzymgebundener Essigsäurerest CH₃COOH. Dieser wird mit Coenzym A abgespalten unter Bildung der aktivierten Essigsäure, Acetyl-CoA [8]. Der biologische Prozess erfordert eine Reihe von Metallen, von Coenzymen und von sehr sauerstofflabilen Enzymen. Kurz, er beruht auf einer strikt sauerstofffreien Biochemie, und entsprechend kommt dieser Stoffwechsel nur in strikt anaerob lebenden Eubakterien und Archaeobakterien vor. Es ist bei weitem der kostengünstigste Weg zur Synthese von Zellbausteinen aus CO₂.

6. Heutige Lebewesen unter extremen Bedingungen: Modelle für Ursprüngliches?

Es gilt als gesichert, dass noch lange Zeit nach der Entstehung der Erde vor rund 4,6 Milliarden Jahren die Atmosphäre unseres Planeten keinen Sauerstoff enthielt und dass die Erdoberfläche und die Gewässer heiß waren. Wenn man sich ein Szenario für die damals einsetzende Chemoevolution vorstellen will, findet man ein solches unter heutigen Bedingungen in vulkanischen Gebieten. Es herrschen hohe Temperaturen im Bereich der aktiven Vulkane, ähnlich denen auf der frühen Erde. Die vulkanischen Gase enthalten – wenn auch in kleinen Mengen – Verbindungen wie Wasserdampf, Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Schwefelwasserstoff, Wasserstoff, auch etwas flüchtige Stickstoffverbindungen, die man zusammen als die Urbausteine ansehen muss, aus denen organische Moleküle entstanden sind. Freilich sind dazu neben Wasser auch Metallverbindungen und Mineralien nötig, welche als Katalysatoren und Sammelstellen für die gebildeten organischen Bausteine gedient haben mögen.

Es ist bemerkenswert, dass der gemeinsame Stammbaum aller Lebewesen sich in drei heute noch existierende Äste (Reiche) aufgespaltet hat. Es sind dies die Eubakterien, die Archaeobakterien und schließlich zuletzt die Eukaryoten, also die höheren Lebewesen, welche durch den Besitz eines Zellkerns ausgezeichnet sind. Betrachtet man die Entwicklungslinien, welche zuerst von dem gemeinsamen Stamm abzweigen, so stellt man überrascht fest, dass alle diese Linien Mikroorganismen enthalten, welche an extrem heiße Bedingungen nicht nur angepasst sind, sondern solche zum Leben benötigen. Man nennt sie thermophile (hitzeliebende) Mikroorganismen. Extrem Thermophile wachsen am besten bei Temperaturen über 85°C, die Obergrenze liegt bei nahezu 120°C (was nur an unterseeischen Vulkanen erreicht wird, denn das Wasser würde sonst zu Dampf). Noch bemerkenswerter ist, dass die meisten dieser Mikroorganismen in der Lage sind, mit rein anorganischen Verbindungen zu wachsen und also ihre Zellbausteine daraus herzustellen. Sollte man von diesen extremophilen Lebewesen etwas darüber erfahren, wie der Urstoffwechsel ausgesehen haben mag? Diese Aussicht hat Wissenschaftler in den letzten drei Jahrzehnten angetrieben, die Lebensweise dieser Organismen zu studieren. Uns interessiert exemplarisch in diesem Zusammenhang die Frage, auf welchem Wege sie CO₂ in Zellmaterial einbauen. Drei Beispiele mögen genügen.

1. *3-Hydroxypropionat-Zyklus*. *Chloroflexus aurantiacus* („goldfarbener grüner Faden“) ist ein thermophiles photosynthetisierendes Bakterium. Es gehört zu einer frühen Entwicklungslinie der Eubakterien und lebt in Mikrobematten in heißen vulkanischen Gewässern von anorganischer Substanz. Schon früh war aufgefallen, dass dieses Bakterium keines der gesuchten Schlüsselenzyme der oben beschriebenen bekannten CO₂-Fixierungswege besitzt. Inzwischen wurde das Genom sequenziert und dieser Schluss bestätigt. Das Bakterium verwendet

das Enzym Acetyl-CoA-Carboxylase als CO₂-fixierendes Enzym. Dieses Enzym ist nun keinesfalls eine Neuentdeckung; vielmehr wird es für die Synthese von Fettsäuren in fast allen Organismen benötigt. Neu ist lediglich, dass es für die autotrophe CO₂-Fixierung verwendet wird. Das Produkt der Reaktion, Malonyl-CoA, wird über die Zwischenstufe 3-Hydroxypropionat zu Propionyl-CoA reduziert. Und wieder tritt die Carboxylase in Funktion, denn sie carboxyliert auch diese C₃-Verbindung. Man erhält so aus Acetyl-CoA und zwei CO₂ eine C₄-Verbindung. Diese wird gespalten in Acetyl-CoA, und damit ist das CO₂-Akzeptormolekül regeneriert. Das zweite Spaltprodukt, Glyoxylat, wird auf einem gesonderten Weg in Zellbausteine assimiliert. Der neue Zyklus wird nach dem charakteristischen Zwischenprodukt *3-Hydroxypropionat-Zyklus* genannt [1].

2. *3-Hydroxypropionat-/4-Hydroxybutyrat-Zyklus*. *Metallosphaera sedula* („em-sige Metallkugel“) ist ein thermophiles Archaeobakterium, das bei sauren pH-Werten von 2 und bei 75°C in heißen Quellen lebt. Es benötigt und toleriert nur geringe Konzentrationen an Sauerstoff und lebt von der Oxidation von Wasserstoff oder von Pyrit (FeS₂ - das Mineral „Katzengold“) zu Schwefelsäure (daher der saure pH). Es verwendet den Weg von *Chloroflexus*, um aus Acetyl-CoA und zwei CO₂ eine C₄-Verbindung aufzubauen. Allerdings verläuft die Rückbildung der Startverbindung des Zyklus auf anderem Wege. Dabei wird die C₄-Verbindung Succinyl-CoA (aktivierte Bernsteinsäure) über die Zwischenstufe 4-Hydroxybuttersäure in zwei Moleküle Acetyl-CoA überführt. Eines davon kann in Zellbausteine assimiliert werden, das andere dient als Startverbindung einer neuen Runde des Zyklus, der *3-Hydroxypropionat/4-Hydroxybutyrat-Zyklus* genannt wird [2]. Die Umsetzungsreaktionen der 4-Hydroxybuttersäure kannte man aufgrund der Arbeiten von Wolfgang Buckel, Marburg, bereits von einigen wenigen gärenden Bakterien. Bei aller oberflächlichen Ähnlichkeit der Wege in *Chloroflexus* und *Metallosphaera* ist festzustellen, dass diese beiden Organismengruppen unabhängig von einander zu einem ähnlichen CO₂-Fixierungsweg gefunden haben. Es handelt sich also um eine konvergente Entwicklung. Bei der großen verwandtschaftlichen Distanz der beiden Gruppen war dieses Ergebnis fast zu erwarten. Bemerkenswert, dass die Natur regen Gebrauch von 4-Hydroxybuttersäure macht, das dem Zeitungsleser besser als die Partydroge „Liquid Ecstasy“ bekannt ist!

3. *Dicarboxylat-/4-Hydroxybutyrat-Zyklus* Auch das dritte untersuchte vulkanische Lebewesen, *Ignicoccus hospitalis* („gastliche Feuerkugel“, mit Wachstumsoptimum bei 90°C, unterseeische Vulkane), verwendet einen CO₂-Fixierungsweg, der über 4-Hydroxybuttersäure verläuft. Es handelt sich um einen Vertreter der strikt anaeroben, Schwefel reduzierenden Archaeobakterien, welche ihre Energie aus der Reduktion von Schwefel mit Wasserstoff zu Schwefelwasserstoff beziehen. Ein sehr ursprünglicher Energiestoffwechsel, und ursprünglich ist wohl auch der neue CO₂-Fixierungsweg. Dieser führt auf völlig

anderem Weg von Acetyl-CoA und zwei CO₂ über die Stufe mehrerer Dicarbonsäuren ebenfalls zu Succinyl-CoA. Dagegen verläuft der Stoffwechselweg zurück zu zwei Acetyl-CoA ähnlich wie in *Metallosphaera*. Dieser *Dicarboxylat-/4-Hydroxybutyrat-Zyklus* wird wohl auch von anderen Schwefel reduzierenden, strikt anaerob lebenden Archaeobakterien (wie *Thermoproteus* und Verwandte) zur CO₂-Fixierung verwendet [5]. Übrigens verdankt *Ignicoccus hospitalis* seinen Beinamen „gastlich“ der Tatsache, dass er Wirt – oder Opfer, genau weiß man das nicht – eines anderen Archaeobakteriums ist, *Nanoarchaeum equitans* („reitender Urzwerg“). Dieses winzige kugelförmige Archaeobakterium lebt festgeheftet an *Ignicoccus* und bezieht von ihm alle Bausteine, die dieser zuvor mühsam aus CO₂ aufgebaut hat.

7. Regeln in der Vielfalt, Kriterien für Ursprünglichkeit

Auch wenn noch nicht abzusehen ist, ob nicht noch andere CO₂-Fixierungsmechanismen in der Natur zu finden sind, ist es jetzt an der Zeit, der Frage nachzugehen, warum es diese Vielfalt gibt und was die Vorteile der einzelnen Wege sind. Denn wären sie unter den gegebenen Bedingungen nicht vorteilhaft, hätten sie sich im Laufe der Evolution nicht erhalten. Die Betonung der Frage liegt auf „unter den gegebenen Bedingungen“. Offensichtlich gibt es nicht gute und schlechte Lösungswege des Problems. Es seien nur einige Stichworte genannt, die es bei der Bewertung zu berücksichtigen gilt: das Verhältnis der Enzyme zum Sauerstoff, die ATP-Kosten des Weges, die Redoxpotentiale der beteiligten Elektronenüberträger der Zelle und der zur Verfügung stehenden anorganischen Reduktionsmittel, die Verfügbarkeit von Metallen wie Eisen, Cobalt, Nickel, Molybdän oder Wolfram, der Einsatz von Coenzymen und Metallen (welche in der Evolution schon vor den Enzymen eine Rolle in der Katalyse gespielt haben mögen), die Robustheit und Regulation des Prozesses, die Befähigung des Weges zur Mitverwertung (Co-Metabolismus) von kleinen organischen Molekülen (sofern vorhanden), und schließlich auch die Möglichkeit, den verwendeten Prozess umkehren zu können, um organische Moleküle zu CO₂ zu oxidieren.

Die zweite Frage lautet: Welcher der gefundenen, noch heute aktuellen Wege könnte einem ursprünglichen Stoffwechselweg am nächsten stehen? Dazu kann es keine gesicherte Antwort geben, denn über die Bedingungen der Chemoevolution auf der frühen Erde, vor allem über die Zusammensetzung der Uratmosphäre, herrscht keine Gewissheit. Aber einige Argumente sind bedenkenswert. Als ursprüngliche Eigenschaften kann man ansehen: Sauerstoffempfindliche Enzyme mit Metallzentren, Eisen-Schwefel-Proteine, sparsamer Umgang mit ATP, Vorkommen in extrem thermophilen Gruppen der früh vom Stammbaum abzweigenden Entwicklungslinien, Verwendung von Elektronen

übertragenden Coenzymen mit negativem Redoxpotential, Umkehrbarkeit des Prozesses zur Oxidation von organischen Verbindungen. Gerade die Nähe der verwendeten Katalysatoren, der Enzyme, zu einer Eisen-Schwefel-Welt, wie sie im Folgenden beschrieben werden soll, ist bedenkenswert. Die heutigen Mittel der Bioinformatik und der Genomforschung erlauben es, aus dem Vergleich der Aminosäuresequenzen der beteiligten Enzyme wichtige Schlussfolgerungen hinsichtlich der evolutionären Zusammenhänge zu schließen. Die neu gefundenen Wege laden geradezu zu solchen Vergleichen und Bewertungen ein.

8. Theorien zum Urprozess der CO₂-Fixierung

Wie betont, kann über die Chemoevolution und frühe Lebensformen intelligent spekuliert werden. Günstigstenfalls lassen sich Hypothesen, wie man von anorganischen Molekülen zu organischen gelangen kann, im Labor überprüfen. Alle Hypothesen gehen von einer sauerstofffreien, reduzierenden Uratmosphäre aus. Hinsichtlich der Katalysatoren und der Energiequellen gibt es grundsätzliche Unterschiede. In der Evolution musste die Bereitstellung von Energie Hand in Hand gehen mit der Biosynthese von Bausteinen und deren Verknüpfung zu Makromolekülen (Proteine, Nukleinsäuren etc). Bildlich gesprochen, es konnte kein Schild vor die Tür gehängt werden: „Wegen Umbau geschlossen!“. Wie verknüpft man Energie- und Baustoffwechsel? An dieser Frage scheiden sich die Geister.

Die Ursuppen-Hypothese. Die Hypothese der Entstehung der wichtigsten Lebensmoleküle in einer Ursuppe nimmt elektrische Entladungen – Blitze – als Energiequelle zur Hilfe. Ein entsprechendes, klassisches Experiment wurde 1953 von Miller und Urey durchgeführt. Sie fanden tatsächlich, dass unter solchen Bedingungen aus Gasen kleine Bausteine wie Aminosäuren gebildet werden. Solche hat man später übrigens auch in Kometen nachgewiesen, was dieser Hypothese starken Auftrieb gab. In entscheidenden Punkten ist diese Hypothese jedoch unbefriedigend. Zum einen konkurrieren chemische Zerfallsreaktionen mit den Syntheseschritten. Zum anderen sind die Konzentrationen der Produkte in wässriger Lösung zu gering, um weitere Umsetzungen der Reaktionspartner zu begünstigen. Und schließlich ist es schwierig sich vorzustellen, wie solche kleine Moleküle durch Blitze aktiviert werden, damit sie Peptid-, Glycosid- oder Esterbindungen eingehen können.

Entstehung des Lebens in einer „Eisen-Schwefel-Welt“. Eine radikal andere Hypothese vertritt Günter Wächtershäuser, der seit Mitte der 1980er-Jahre Hypothesen zur Evolution der Stoffwechselwege an Oberflächen von sulfidischen Mineralien (FeS, FeS₂) vorschlägt [7]. Solche Verbindungen entstehen aus gelöstem Fe(II) und Schwefelwasserstoff, beides Bestandteile vulkanischer Lebensräume. Bei dieser Umsetzung kommt es sogar zur Bildung von Wasser-

stoff, der ein begehrtes Reduktionsmittel darstellt (siehe oben). Im Zuge der postulierten Umsetzungen werden energiereiche Thioester ausgebildet, wie wir sie in den Coenzym A-Thioestern kennen gelernt haben. Das heißt, Energie- und Synthesestoffwechsel bilden in dieser Hypothese eine unzertrennliche Einheit. In Gegenwart von gelösten Metallionen wie Fe, Ni, Co und anderen kommt es zur Bildung gemischter sulfidischer Metallkomplexe, die als Katalysatoren wirken. Entscheidend ist eine besondere Eigenschaft des gebildeten Pyrits. Es besitzt eine positiv geladene Oberfläche, welche die entstehenden Säuren (negativ geladenen Anionen) bindet. Damit werden räumliche Nähe und hohe Konzentrationen der Reaktionspartner begünstigt, und so Weiterreaktionen zu komplexeren Makromolekülen gefördert. Die experimentelle Überprüfung seiner Hypothesen hat zu hoch interessanten Befunden geführt.

9. Ausblick

Kommende Generationen werden versuchen, die Grundprozesse der Chemo-evolution im Laboratorium zu simulieren, um zu verfeinerten Hypothesen zu gelangen. Diese schwierige Forschungsaufgabe ist eine Jahrhundertaufgabe, durchaus gleichrangig mit der Erforschung der Steuerung der Entwicklung der Lebewesen oder der Funktionsweise des Gehirns. Sie erfordert eine enge Zusammenarbeit zwischen Chemikern und Biologen, um erfolgreich zu sein.

Allerdings wird die Wissenschaft keine einfache Antwort auf die Frage geben können, wie man das Problem der Zunahme des Treibhausgases CO₂ in der Atmosphäre in den Griff bekommt. Auf der heutigen Erde wird keine nennenswerte Menge an Kohlenstoff in den Sedimenten der Gewässer oder in Böden „vergraben“, es kommt zu keiner Anhäufung von organischer Substanz. Alles kehrt – teils auf Umwegen über die Bildung von organischen Humusstoffen – schließlich wieder zurück zu CO₂. Derzeit sind keine langfristig gesicherten Verfahren bekannt, der Zunahme des CO₂-Gehaltes der Luft entgegenzuwirken. Mit dieser Tatsache müssen Politiker und Bürger leben.

Literatur

- [1] ALBER, B.E. & G. FUCHS (2002): Propionyl-coenzyme A synthase from *Chloroflexus aurantiacus*, a key enzyme of the 3-hydroxypropionate cycle for autotrophic CO₂ fixation. J. Biol. Chem. **277**: 12137-12143.
- [2] BERG, I.A., D. KOCKELKORN, W. BUCKEL & G. FUCHS (2007): A 3-hydroxypropionate/4-hydroxybutyrate autotrophic carbon dioxide assimilation pathway in Archaea. Science **318**: 1782-1786

- [3] BUCHANAN, B.B. & D.I. ARNON (1990): A reverse KREBS cycle in photosynthesis: consensus at last. *Photosynth. Res.* **24**:47-53. Review.
- [4] EZAKI, S., N. MAEDA, T. KISHIMOTO, H. ATOMI & T. IMANAKA (1999): Presence of a structurally novel type ribulosebisphosphate carboxylase/oxygenase in the hyperthermophilic archaeon, *Pyrococcus kodakaraensis* KOD1. *J. Biol. Chem.* **274**: 5078-5082.
- [5] HUBER, H., M. GALLENGER, U. JAHN, E. EYLERT, I.A. BERG, D. KOCKELKORN, W. EISENREICH & G. FUCHS (2008): A dicarboxylate/4-hydroxybutyrate autotrophic carbon assimilation pathway in the hyperthermophilic Archaeum *Ignicoccus hospitalis*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **105**: 7851-7856.
- [6] MARTIN, W. & C. SCHNARRENBERGER (1997): The evolution of the Calvin cycle from prokaryotic to eukaryotic chromosomes: a case study of functional redundancy in ancient pathways through endosymbiosis. *Curr. Genet.* **32**(1): 1-18.
- [7] WÄCHTERSÄUSER, G. (2007): On the chemistry and evolution of the pioneer organism. *Chem. Biodivers.* **4**: 584-602
- [8] WOOD, H.G. (1991): Life with CO or CO₂ and H₂ as a source of carbon and energy. *FASEB J.* **5**: 156-163.

Wasserstoffaktivierung in Gegenwart von Sauerstoff: Eine Herausforderung für den Katalysator Hydrogenase*

BÄRBEL FRIEDRICH

Humboldt-Universität Berlin
Chausseestraße 117, D-10115 Berlin

Molekularer Wasserstoff (H_2) wird in der Natur von einigen anaeroben Bakterien als Gärungsprodukt freigesetzt und von zahlreichen in den Sauerstoff freien Biotopen lebenden Mikroorganismen als attraktive Energiequelle wieder verwertet. Nur Spuren von H_2 gelangen somit in die aeroben Lebensbereiche, wo dieser Restwasserstoff von wenigen Organismen als alternative Energiequelle genutzt wird. Bekannt hierfür sind die Knallgasbakterien, die mit einem Gasgemisch aus H_2 , CO_2 und O_2 zu wachsen vermögen. Ein prominenter Vertreter dieser phylogenetisch diversen Gruppe ist das β -Proteobakterium *Ralstonia eutropha* [1]. Dieses Bakterium dient unserer Arbeitsgruppe als Modell, um die molekularen Voraussetzungen zu erforschen, die der Adaptation des H_2 Metabolismus an eine oxygene Atmosphäre zugrunde liegen.

Die Wasserstoffaktivierung, d.h. sowohl die Freisetzung als auch die Aufnahme von H_2 , wird durch das Enzym Hydrogenase katalysiert. Diese Reaktion spaltet H_2 reversibel in zwei Protonen und zwei Elektronen. Es gibt drei konvergent entstandene Klassen von Hydrogenasen, die sich in ihrem Metallgehalt unterscheiden [2]. Die Mehrzahl dieser Hydrogenasen wird durch Sauerstoff inhibiert oder gar irreversibel geschädigt. In aeroben Organismen kommen ausschließlich Hydrogenasen vor, die ein bimetallisches Nickel-Eisen Zentrum enthalten. Diese [NiFe] Hydrogenasen stehen im Mittelpunkt meines Vortrages.

Die biochemischen Eigenschaften, die atomare Struktur sowie der Reaktionsmechanismus wurden eingehend an den [NiFe] Hydrogenasen aus Sulfat-reduzenten untersucht, die den Standardtypus einer [NiFe] Hydrogenase repräsentieren [3]. Eine derartige Standardhydrogenase besteht aus einer großen, das [NiFe] Zentrum tragenden Untereinheit und einer kleinen, Eisenschwefel (FeS) Cluster beherbergenden Untereinheit. Dieses Heterodimer ist gekoppelt mit einem intermediären Elektronenüberträger. Unter Einbeziehung von strukturellen und spektroskopischen Daten konnte die Zusammensetzung des [NiFe] Zen-

* Der Vortrag wurde am 16.05.2008 beim Kolloquium anlässlich der Jahresversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehalten.

trums detailliert entschlüsselt werden. Sie offenbart eine komplexe Architektur eines Cofaktors, in dem das Nickel über vier Thiol Liganden aus Cysteinen mit dem Protein koordiniert ist. Zwei dieser Thiole bilden Brückenliganden zum Eisen aus, das darüber hinaus drei ungewöhnliche diatomare Liganden trägt, zwei CN^- Moleküle und einen CO Rest. Dadurch wird das Eisen wahrscheinlich in einen Ladungszustand versetzt, der eine bevorzugte Reaktion von H_2 am Nickel bewirkt. Im oxidierten Zustand, d.h. in Gegenwart von O_2 , befinden sich in der Brücke zwischen den beiden Metallen Sauerstoffderivate, die das Enzym inaktivieren. Erst durch Reduktion des Enzyms wird O_2 entfernt und damit die Position für die Bindung von H_2 frei gemacht. Dies dauert – je nach Oxidationsgrad – einige Stunden bis hin zu wenigen Minuten [4]. Unter anaeroben, O_2 freien Bedingungen, ist diese Hemmung nahezu nicht existent. Für Organismen, deren Hydrogenase auch in Gegenwart von O_2 enzymatisch funktionell sein muß, stellt sie dagegen ein katalytisches Hindernis dar. Die Frage, wie haben sich diese „aeroben“ [NiFe] Hydrogenasen an eine O_2 enthaltende Atmosphäre adaptiert, haben wir exemplarisch mit den [NiFe] Hydrogenasen aus *Ralstonia eutropha* (Re) untersucht.

Re besitzt drei [NiFe] Hydrogenasen, die sich hinsichtlich ihrer Anzahl an Untereinheiten und der physiologischen Funktion unterscheiden. Eine Membran-gebundene Hydrogenase (MBH) weist mit der [NiFe] Untereinheit nach außen ins Periplasma, während die (FeS) Cluster tragende Untereinheit über ein spezifisches Cytochrom *b* mit der cytoplasmatischen Membran verankert ist. Die MBH setzt bei der Oxidation von H_2 Protonen nach außen frei, die über eine ATPase für Elektronentransport abhängige Phosphorylierung genutzt werden können. Die Elektronen aus dem H_2 wandern über die Atmungskette auf O_2 als Endakzeptor, infolge dessen H_2O entsteht [5].

Die zweite, mit dem Energiestoffwechsel gekoppelte Hydrogenase befindet sich im Cytoplasma von Re. Sie ermöglicht eine direkte H_2 abhängige Reduktion von NAD^+ zu NADH. Diese lösliche, aus multiplen Untereinheiten aufgebaute Hydrogenase (SH) besteht aus einem Hydrogenase Dimer, das mit einem zweiten dimeren Polypeptid assoziiert ist, das zusätzlich zu (FeS) Clustern ein Flavin enthält und die Bindung von $\text{NAD}^+(\text{H})$ erlaubt. Dieser Rest besitzt eine Diaphorase Aktivität und zeigt eine enge Verwandtschaft zum Membran peripheren Teil der NADH-Ubichinon-Oxidoreduktase, dem Komplex I, der Atmungskette. Kürzlich wurde in dem SH Holoenzym ein zweites Flavinmolekül entdeckt, das für den intramolekularen Elektronentransfer von Bedeutung ist. Darüber hinaus wurde ein weiteres Polypeptid identifiziert, das zusammen mit dem SH Tetramer ein natives hexameres Holoenzym bildet [6].

Die dritte Hydrogenase (RH) von Re ist ebenfalls löslich im Cytoplasma der Zelle lokalisiert. Im Gegensatz zu der MBH und der SH ist diese Hydrogenase jedoch nicht am Energiestoffwechsel beteiligt, sondern sie hat eine ausschließ-

lich regulatorische Funktion. Die RH wirkt als Sensor und signalisiert die Gegenwart von H_2 über eine Histidin Protein Kinase an einen Transkriptionsaktivator, der für die Expression der MBH- und SH-Gene essentiell ist. Der H_2 Sensor besteht aus einem dimeren Hydrogenaserest, der mit der Protein Kinase einen hochmolekularen Komplex bildet [7].

Alle drei Hydrogenasen von Re sind in der Lage, in Gegenwart von O_2 ihre jeweilige Funktion auszuüben. Haben sie dabei ein allgemeines Prinzip der O_2 Adaptation entwickelt oder liegen dieser Eigenschaft unterschiedliche Strategien zugrunde? Diese generelle Frage zielt nicht nur auf den Mechanismus der H_2 Katalyse ab, sondern auch auf die Regulation und die komplexe posttranslationale Biogenese der [NiFe] Hydrogenasen. Unabhängige Studien an mehreren [NiFe] Hydrogenasen, insbesondere der Hydrogenase 3 von *Escherichia coli*, haben gezeigt, dass allein an der Assemblierung des [NiFe] Zentrums mindestens sechs Hilfsproteine mitwirken [8]. Wir haben erste Ergebnisse, die darauf hinweisen, dass die Assemblierung der MBH in Re zusätzliche Hilfsproteine erfordert, um die Hydrogenase in Gegenwart von O_2 zu einem intakten, zellulär korrekt lokalisierten Enzym reifen zu lassen [9]. Dieser Beitrag konzentriert sich jedoch vornehmlich auf die Wirkung von O_2 auf den eigentlichen Katalyseprozess.

Die RH oxidiert H_2 mit Methylenblau als dem bevorzugten künstlichen Elektronenakzeptor und ist somit eine „echte“ Hydrogenase. Im Vergleich zu den Standard Hydrogenasen fällt auf, dass die in Gegenwart von O_2 aus Zellextrakten isolierte RH keine Reaktivierungsbedingte Verzögerung in der H_2 Oxidationskinetik zeigt, sondern sofort in den katalytischen Prozess eintritt. Diese sofortige Reaktion ist für die Funktion eines Sensors plausibel und bildet eine wichtige Voraussetzung für das schnelle Aufspüren von H_2 . Gleichzeitig legt diese Beobachtung nahe, dass die RH überhaupt nicht durch O_2 beeinträchtigt wird. Um weiteren Aufschluss über dieses O_2 resistente Verhalten zu gewinnen, wurden folgende Experimente durchgeführt. Ein Aminosäureabgleich zeigte, dass die RH – und verwandte H_2 Sensoren – in der Nähe des katalytischen [NiFe] Zentrums zwei Aminosäurereste (Phe und Ile) aufweisen, die an den äquivalenten Positionen in den Standardhydrogenasen durch weniger Raum ausfüllende, strikt konservierte Aminosäuren (Leu und Val) ersetzt sind. Die betreffenden Aminosäuren waren durch Xenonmarkierungen des Hydrogenasekristalls, isoliert aus anaeroben Organismen, am Ende eines hydrophoben, auf das katalytische Zentrum hin laufenden Kanals identifiziert worden [3]. Daraus wurde gefolgert, dass durch diesen Kanal möglicherweise neben H_2 auch O_2 an das tief im Innern des Proteins gelegene katalytische [NiFe] Zentrum gelangen könnte. In Modellierungen wurde die Hypothese entwickelt, dass die beiden Aminosäuren Phenylalanin und Isoleucin das größere Gasmolekül O_2 daran hindern könnten, bis zu dem katalytischen Zentrum des H_2 Sensors vorzudringen. In der Tat zeigten RH Mutanten von Re, in denen die betreffenden Aminosäuren durch die kleineren Moleküle Leucin und Valin ersetzt worden waren, eine verzögerte Reaktionskinetik in

Gegenwart von O_2 und wiesen weitere Eigenschaften auf, die dem Verhalten der Standardhydrogenasen ähnlich sind. Diese Ergebnisse bilden einen überzeugenden Beleg für die theoretische Voraussage [10].

Die Variation der Durchlässigkeit des putativen Gaskanals stellt somit eine Möglichkeit dar, Hydrogenasen Schutz vor O_2 Inaktivierung zu verleihen. Studien an den anderen beiden Hydrogenasen von *Re* zeigen, dass vielschichtige molekulare Ursachen die O_2 Adaptation bestimmen können. Infrarotspektroskopie und chemische Analysen der SH lieferten erste Hinweise für die Existenz eines modifiziertes [NiFe] Zentrums in dieser Hydrogenase. Es wurden zwei zusätzliche CN^- Moleküle identifiziert, eines davon in Koordination mit Ni. Anders als die RH, die keinerlei Verzögerung in der H_2 Oxidationsrate in Gegenwart von O_2 aufweist, benötigt die SH unter vergleichbaren Bedingungen eine Aktivierungsphase, die sich allerdings durch ihre Kürze deutlich von der lang andauernden Reaktivierungskinetik der Standard Hydrogenasen unterscheidet. Diese Beobachtung deutet darauf hin, dass das Enzym zwar mit O_2 reagiert, aber sehr schnell in den aktiven Zustand zurückkehrt. Die SH ist demzufolge nicht O_2 resistent, wohl aber O_2 tolerant. Analysen an SH Mutantenproteinen und Daten aus einer Vielzahl spektroskopischer Messungen zeigten, dass durch die Modifikation des [NiFe] Zentrums die SH offenbar einen Schutz erhält, der verhindert, dass die hoch oxidierten, vollständig inaktivierenden O_2 Derivate in der Metallbrücke binden und H_2 somit relativ ungehindert an das katalytische Zentrum gelangt [11].

Bisher gibt es keinerlei Hinweise, dass die MBH ähnlich der SH eine modifizierte Zusammensetzung des [NiFe] Cofaktors enthält. Alle spektroskopischen Analysen sprechen für eine Standardartige Konformation des aktiven Zentrums. Trotz dieser konservierten Struktur kann auch die MBH nicht in den hoch oxidierten inaktiven Zustand versetzt werden, obgleich sie – ähnlich wie die SH – einer kurzzeitigen Reaktivierungsphase bedarf, um in den katalytischen Zyklus einzutreten. Erstmals wurde mit der MBH der direkte Beweis erbracht, dass das Enzym in Gegenwart atmosphärischer Konzentrationen von O_2 katalytisch aktiv ist. Dieser Nachweis gelang in elektrochemischen Experimenten mit solubilisierter, gereinigter MBH, die immobilisiert an eine Graphitelektrode, ohne den Einsatz von künstlichen Elektronenmediatoren H_2 oxidiert. In diesen Messungen wurde festgestellt, dass die MBH eine extrem hohe Affinität zu H_2 hat ($K_M = 6.1 \mu M$), dagegen hohe Konzentrationen an O_2 ($K_{Iapp} = 1000 \mu M$) erforderlich sind, um das Enzym zu hemmen [12, 13]. Mit Hilfe von Computer gestützten Modellierungen und Analysen an gezielt konstruierten Mutantenproteinen lässt sich die Sauerstofftoleranz der MBH durch eine – im Vergleich zu Standardhydrogenasen – veränderte Proteinstruktur in weiterer Distanz zum katalytischen Zentrum erklären. Ferner gibt es Hinweise, dass auch besondere Redox Eigenschaften der (FeS) Cluster in der kleinen Untereinheit der MBH eine Rolle bei der Ausprägung der Sauerstofftoleranz spielen.

Warum ist die Kenntnis über O_2 tolerante Hydrogenasen von grundlegendem Interesse? Hydrogenasen sind attraktive Katalysatoren für biotechnologische Prozesse. In unserer Arbeitsgruppe haben wir uns besonders dem Einsatz von Hydrogenasen bei der Gewinnung von biosolarem Wasserstoff [14] und der enzymatischen Oxidation von Wasserstoff in einer biologischen Brennstoffzelle [15] gewidmet. Die Anwendung der Hydrogenasen, insbesondere die Produktion von H_2 infolge photosynthetischer Spaltung von H_2O , setzt robuste Katalysatoren voraus, die unempfindlich sind gegenüber Sauerstoff, der als Begleitprodukt der H_2O Hydrolyse zwangsläufig entsteht. So sind die Hydrogenasen aus *Re* vorzügliche Studienobjekte, um enzymatische Katalysatoren zu optimieren und darüber hinaus Anregungen für die Synthese von chemischen Modellverbindungen zu erhalten. Beides sind Ziele, die wir uns im Rahmen eines Sonderforschungsbereiches und des Berliner DFG Exzellenzclusters „Unifying Concepts of Catalysis“ gesetzt haben. Dabei bauen wir unter anderem auf Verbundprojekten auf, die vom Bundesministerium für Bildung und Forschung in der Vergangenheit gefördert wurden. Diese ermöglichten eine langjährige, überaus inspirierende Zusammenarbeit mit dem diesjährigen Preisträger der Gauss-Medaille, dem Kollegen Professor Dr. Rudolf Thauer, mit dem uns das Interesse für die Umsetzung des kleinsten Moleküls auf diesem Planeten seit langem verbindet.

Literatur

- [1] SCHWARTZ, E. & B. FRIEDRICH (2006): The H_2 -Metabolizing Prokaryotes. In *The Prokaryotes* (DWORKIN, M., S. FALKOW, E. ROSENBERG, K.-H. SCHLEIFER & E. STACKEBRANDT (eds), pp. 496-563. Springer, New York.
- [2] SHIMA, S., O. PILAK, S. VOGT, M. SCHICK, M.S. STAGNI, W. MEYER-KLAUCKE, E. WARKENTIN, R.K. THAUER & U. ERMLER (2008): The crystal structure of [Fe] hydrogenase reveals the geometry of the active site. *Science* **321**: 5888 572-575.
- [3] FONTECILLA-CAMPS, J.C. (1996): Structure of the [NiFe] hydrogenase active site: evidence for biologically uncommon Fe ligands. *J. Am. Chem. Soc.* **118**: 12989-12996.
- [4] CAMMACK, R., M. FREY & R. ROBSON (2001): *Hydrogen as a fuel, learning from nature*, Taylor & Francis. London.
- [5] BURGDORF, T., O. LENZ, T. BUHRKE, E. VAN DER LINDEN, A.K. JONES, S.P.J. ALBRACHT & B. FRIEDRICH (2005): [NiFe] hydrogenases of *Ralstonia eutropha* H16: modular enzymes for oxygen-tolerant biological hydrogen oxidation *J. Mol. Microbiol. Biotechnol.* **10**: 181-196.
- [6] BURGDORF, T., E. VAN DER LINDEN, M. BERNHARD, Q.Y. YIN, J.W. BACK, A.F. HARTOG, A.O. MUIJSERS, C.G. DE KOSTER, S.P. ALBRACH & B. FRIEDRICH (2005): The soluble

NAD⁺-reducing [NiFe]-hydrogenase from *Ralstonia eutropha* H16 consists of six subunits and can be specifically activated by NADPH. J. Bacteriol. **187**: 3122-3132.

- [7] BUHRKE, T., O. LENZ, A. PORTHUN & B. FRIEDRICH (2004): The H₂-sensing complex of *Ralstonia eutropha*: interaction between a regulatory [NiFe] hydrogenase and a histidine protein kinase. Mol. Microbiol. **51**: 1677-1689.
- [8] BÖCK, A., P.W. KING, M. BLOKESCH & M.C. POSEWITZ (2006): Maturation of hydrogenases. Adv Microb. Physiol **51**: 1-71.
- [9] SCHUBERT, T., O. LENZ, E. KRAUSE, R. VOLKMER & B. FRIEDRICH (2006): Chaperones specific for the membrane-bound [NiFe]-hydrogenase interact with the Tat signal peptide of the small subunit precursor in *Ralstonia eutropha* H16. Mol. Microbiol. **66**: 453-467.
- [10] BUHRKE, T., O. LENZ, N. KRAUSS & B. FRIEDRICH (2005): Oxygen tolerance of the H₂-sensing [NiFe] hydrogenase from *Ralstonia eutropha* H16 is based on limited access of oxygen to the active site. J. Biol. Chem. **280**: 23791-23796.
- [11] BURGDORF, T., S. LÖSCHER, P. LIEBISCH, E. VAN DER LINDEN, M. GALANDER, F. LENDZIAN, W. MEYER-KLAUCKE, S.P. ALBRACHT, B. FRIEDRICH, H. DAU & M. HAUMANN (2005): Structural and oxidation-state changes at its nonstandard Ni-Fe site during activation of the NAD-reducing hydrogenase from *Ralstonia eutropha* detected by X-ray absorption, EPR, and FTIR spectroscopy. J. Am. Chem. Soc. **127**: 576-592.
- [12] LUDWIG, M., J.A. CRACKNELL, K.A. VINCENT, F.A. ARMSTRONG & O. LENZ (2009): Oxygen-tolerant H₂ oxidation by membrane-bound [NiFe] hydrogenases of *Ralstonia* species: coping with low-level H₂ in air. J. Biol. Chem. **284**: 465-477.
- [13] GOLDET, G., A.F. WAIT, J.A. CRACKNELL, K.A. VINCENT, M. LUDWIG, O. LENZ, B. FRIEDRICH & F.A. ARMSTRONG (2008): Hydrogen production under aerobic conditions by membrane-bound hydrogenases from *Ralstonia eutropha*. J. Am. Chem. Soc. **130**: 11106-11113.
- [14] IHARA, M., H. NISHIHARA, K.-S. YOON, O. LENZ, B. FRIEDRICH, H. NAKAMOTO, K. KOJIMA, D. HONMA, T. KAMACHI & I. OKURA (2006): Light-driven hydrogen production by a hybrid complex of a [NiFe] hydrogenase and a cyanobacterial photosystem I. Photochem. Photobiol. **82**: 676-682.
- [15] VINCENT, K.A., J.A. CRACKNELL, O. LENZ, I. ZEBGER, B. FRIEDRICH & F.A. ARMSTRONG (2005): Electrocatalytic hydrogen oxidation by an enzyme at high carbon monoxide or oxygen levels. Proc. Natl. Acad. Sci. USA **102**: 16951-16954.

FESTVERSAMMLUNG IM ALTSTADTRATHAUS

PROF. DR.RER.NAT. DR. H.C. JOACHIM KLEIN

Präsident der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

Begrüßung

Meine sehr verehrten Damen und Herren,
verehrte Gäste,
hohe Festversammlung,

zur festlichen Jahresversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft darf ich Sie alle sehr herzlich willkommen heißen und dabei meiner Freude Ausdruck verleihen, dass Sie unserer Einladung zu unserer zentralen Jahresveranstaltung gefolgt sind und sich hier von fern und nah mit uns im historischen Rathaus Braunschweigs versammeln. Wir wollen im festlichen Rahmen ein akademisches Jahr beschließen und – das ist unser traditionelles wissenschaftliches Anliegen an diesem Tag – wissenschaftliche Leistungen durch die Verleihung der Gaußmedaille ehren. Wie immer ist es mir eine schöne Verpflichtung, unseren Ehrengästen einen besonderen Willkommensgruß zu entrichten:

In Vertretung unseres Herrn Oberbürgermeisters darf ich als Erste dabei unsere Braunschweiger Bürgermeisterin Frau Friederike Harlfinger in unserer Mitte begrüßen und damit den Dank dafür verbinden, dass wir wiederum Gast in diesen historischen städtischen Räumen sein dürfen. Die enge Verbindung zu unserer Stadt Braunschweig – die wir seit dem vergangenen Jahr zu Recht und mit gewissem Stolz „Stadt der Wissenschaft“ nennen können – kommt auch darin zum Ausdruck, dass auch Sie, Frau Bürgermeisterin Inge Kükelhan, unserer Einladung gefolgt sind – Ihnen nicht minder gilt mein herzliches Willkommen. Und ist vom Rathaus die Rede, darf ich unseren ehemaligen Oberbürgermeister Werner Steffens als treuen Gast unserer Veranstaltungen herzlich begrüßen.

Aus dem Bereich der Justiz ist Herr Generalstaatsanwalt Norbert Wolf zu uns gekommen, den ich hiermit herzlich willkommen heiße. Mit den wissenschaftlichen Institutionen, die sich zur „ForschungsRegion Braunschweig“ zusammengeschlossen haben, ist die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft in vielfältiger Weise verbunden. Aus dem Kreis der Leiter dieser Einrichtungen heiße ich Herrn Gerd Biegel, Direktor des Braunschweigischen Landesmuseums, Herrn Ernst Göbel als Präsident der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, Herrn Folkhard Isermeyer als Vertreter des Johann Heinrich von Thünen-Instituts (den Braunschweigern noch als FAL vertraut) und Herrn Dietmar Smyrek

als Leiter des Braunschweiger Standorts des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt herzlich willkommen. Auch nach dem offiziellen Ablauf des Jahres „Stadt der Wissenschaft“ sind wir in der ForschungsRegion gefordert, das Thema Wissenschaft im öffentlichen Bewusstsein der Region lebendig zu halten.

Besonders freue ich mich natürlich, dass auch in diesem Jahr zahlreiche Akademien der Wissenschaften aus dem In- und Ausland unserer Einladung gefolgt sind und damit ihre akademische Verbundenheit bekunden:

Als Vertreter der uns nachbarschaftlich verbundenen Akademie der Wissenschaften zu Göttingen heiße ich deren Präsidenten Christian Starck herzlich willkommen – wir wissen es zu schätzen, dass Sie so kurz nach der Amtsübernahme im April den Weg nach Braunschweig gefunden haben und damit an die Tradition Ihrer Vorgänger anknüpfen. Was uns in der wissenschaftlichen Arbeit verbindet, darauf werde ich in meinem Bericht zu sprechen kommen.

Auch mit der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in München haben wir gemeinsame Taten vollbracht, und ich freue mich – in freundschaftlicher Verbundenheit – deren Altpäsidenten Heinrich Nöth wieder einmal in Braunschweig begrüßen zu können.

In Vertretung des Präsidenten der Heidelberger Akademie der Wissenschaften heiße ich Herrn Kollegen Klaus Günther Dosch herzlich willkommen.

Ein treuer Gast unserer Veranstaltung ist auch der Präsident der Erfurter Akademie für gemeinnützige Wissenschaften, Herr Werner Köhler, wieder zu uns gekommen und ich begrüße Sie herzlich.

Mit Herrn Kollegen Uwe Sleytr darf ich – in Vertretung des Präsidenten Peter Schuster – erstmals auch einen offiziellen Vertreter der Österreichischen Akademie der Wissenschaften zu Wien begrüßen. Ich freue mich, dass Sie die weite Anreise nicht gescheut haben.

Schön und ehrenvoll für uns ist es, dass der Träger der Gaußmedaille 2007 und Altpäsident der Österreichischen Akademie Herbert Mang ebenfalls unter uns weilt: Seien Sie uns herzlich willkommen.

Und auch die neu gegründete Akademie Hamburg ist vertreten durch ihren Generalsekretär Jörg Maxton-Küchenmeister, den ich ebenfalls herzlich begrüße.

Zur Ehrung des Preisträgers der Gauß-Medaille und zur Präsentation des damit verbundenen Fachgebiets veranstalten wir am Vormittag des Gauß-Tages traditionell ein wissenschaftliches Kolloquium, das in diesem Jahr dem Thema

Mikrobiologie der Umwelt: Bakterien und Stoffkreisläufe des Lebens

gewidmet war. Zum Erfolg dieses Kolloquiums haben die vortragenden Professorinnen und Professoren Julia Vorholt, ETH Zürich, Georg Fuchs, Albert-Lud-

wigs-Universität Freiburg, Barbara Reinhold-Hurek, Universität Bremen, und Bärbel Friedrich, Humboldt Universität Berlin, gemeinsam mit Professor Ralf-Rainer Mendel als Moderator beigetragen. Mit bestem Dank für Ihr Engagement heiße ich Sie in unserer Mitte herzlich willkommen.

Mit dem Stichwort Preisträger ist es endlich auch geboten, als Ehrengast unserer Festveranstaltung Herrn Professor Dr. Dr. Rudolf Thauer, Direktor des Max Planck-Instituts für terrestrische Mikrobiologie, Marburg, und seine verehrte Frau Gemahlin besonders herzlich zu begrüßen.

Auch ohne Namensnennung, aber deswegen nicht weniger herzlich, begrüße ich alle Anwesenden, die als Gäste aus Politik, Verwaltung, Wissenschaft und Öffentlichkeit heute zu uns gekommen sind.

Schließlich begrüße ich herzlich alle Mitglieder unserer Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft und ihre Begleitung, insbesondere auch unsere neuen Mitglieder – sowie die Witwen unserer verstorbenen Mitglieder, die uns durch ihre Anwesenheit die bleibende Verbindung zum Ausdruck bringen.

Bericht

Meine sehr geehrten Damen und Herren,

es entspricht nicht nur einer Verpflichtung unserer Satzung, sondern auch einem Bedürfnis zur offenen Information über das Denken und Handeln unserer Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft, wenn ich Ihnen nunmehr in kurzen Zügen einen Bericht über das abgelaufene akademische Jahr gebe und dabei auch ein wenig in die Zukunft blicke:

Nachrufe

Zunächst ist es meine ehrenvolle Pflicht, der im vergangenen Jahr verstorbenen Mitglieder zu gedenken.

Am 12.07.2007 starb im Alter von 84 Jahren Dr.rer.pol. Herbert Wilhelm, Professor emeritus für Volkswirtschaftslehre an der TU Braunschweig, ordentliches Mitglied der Klasse für Geisteswissenschaften seit 1965. Herbert Wilhelm hat sich als Präsident der BWG in den Jahren 1978 bis 1980 besondere Verdienste erworben, an die ich in Dankbarkeit erinnere.

Am 19.02.2008 starb im Alter von 86 Jahren Dr.rer.nat. Horst Mensching, Professor emeritus für Geographie an der Universität Hamburg, ordentliches Mitglied seit 1971 und korrespondierendes Mitglied der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften seit 1975.

Sie haben sich zu Ehren der Verstorbenen von Ihren Plätzen erhoben – ich danke Ihnen.

Zuwahlen und personeller Stand der BWG

Wir haben auch in diesem Jahr von unserem satzungsmäßigen Recht Gebrauch gemacht, durch Zuwahlen neue wissenschaftliche Impulse zu gewinnen:

Klasse für Ingenieurwissenschaften

Zu ordentlichen Mitgliedern in der Wahlsitzung vom **07.12.2007**:

- Prof. Dr.-Ing.habil. Manfred **Krafczyk**,
Professor für Bauinformatik, Strömungssimulation an der Technischen Universität Braunschweig
- Prof. Dr.-Ing. Rolf **Radespiel**,
Professor für Strömungsmechanik an der Technischen Universität Braunschweig

Zum ordentlichen Mitglied in der Wahlsitzung vom **11.04.2008**:

- Prof. Dr.-Ing. Wolf-Rüdiger **Canders**,
Professor für Elektrotechnik an der Technischen Universität Braunschweig

Klasse für Geisteswissenschaften

Zum ordentlichen Mitglied in der Wahlsitzung vom **07.12.2007**:

- Prof. Dr.-Ing.habil. Joachim **Ganzert**
Professor für Bau- und Stadtbaugeschichte an der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

Zum korrespondierenden Mitglied in der Wahlsitzung vom **11.04.2008**:

- Prof. Dr.phil. Peter **Bürger**,
Professor em. für Allgemeine Literaturwissenschaft, Romanistik, Gaußpreisträger 2006

Damit gehörten der BWG am 30.04.2008 an: 145 ordentliche Mitglieder, davon 76 unter 70 Jahren, sowie 71 korrespondierende Mitglieder.

Veröffentlichungen Veranstaltungen in der Öffentlichkeit

In meinem nun folgenden Bericht über das abgelaufene Jahr möchte ich nicht chronologisch, sondern themenorientiert vorgehen und folgende Aspekte ansprechen:

1. Wissenschaft und Ethik
2. Wissenschaft und ihre Jahre
3. Wissenschaft und Öffentlichkeit
4. Wissenschaft und ihre Geschichte.

Damit sollen nicht nur die faktischen Elemente unserer Arbeit, sondern auch grundsätzliche Aussagen zu den Zielsetzungen und Motiven verdeutlicht werden.

Der Verzicht auf Details fällt mir umso leichter, als ich alle Interessierten auf das pünktliche Erscheinen unseres

Jahrbuches 2007

und des

Bandes 58 unserer Abhandlungen

verweisen kann.

Für die wie immer sorgfältige Redaktion und Edition darf ich an dieser Stelle der Verlagsleitung Frau Jäcker und unserem Generalsekretär Claus-Artur Scheier sehr herzlich danken.

1. Die Verknüpfung von Wissenschaft und Ethik ist heute ein allgemein akzeptiertes Konzept im Rahmen der gesellschaftlichen Diskussion zur Akzeptanz unserer Entwicklungen in nahezu allen Bereichen von Wissenschaft und Technik.

In besonderer Weise betrifft dies in den letzten Jahren aber den Bereich der Bio-Wissenschaften in Verbindung mit Fragen der Anwendung in Medizin und Landwirtschaft.

Die BWG hat sich dieser Problematik gestellt und veranstaltet unter der bewährten Federführung von Prof. Klaus Gahl seit 2004 jährlich ein Kolloquium, das Fragen der Bio-Ethik gewidmet ist. Im Zentrum steht dabei – direkt oder indirekt – die Frage der Forschung an embryonalen humanen Stammzellen.

Gemeinsam mit der „Akademie für Ethik in der Medizin“/Göttingen und dem „Evangelischen Klosterforum“/Braunschweig gehen wir mit Naturwissenschaftlern, Medizinern, Philosophen und Theologen der Frage nach, wie die Gewinnung von und der Umgang mit humanen embryonalen Stammzellen machbar, sinnvoll und vertretbar ist.

Als wir im vergangenen Jahr das Thema erneut aufgriffen, hörten wir teilweise Kritik, dass es in der Diskussion keine wirklich neuen Aspekte gäbe und sich in der Politik kurzfristig nichts bewegen würde.

Die politische Realität hat unserem Ansatz, die aktuelle Diskussion zu unterstützen, Recht gegeben und mit der Novellierung des Stammzell-Gesetzes im Bundestag am 11. April dieses Jahres neue Fakten geschaffen: Eine Verschiebung der Stichtagsregelung auf das Jahr 2008 folgt den Forderungen der Wissenschaft und der sie tragenden Institutionen – z. B. DFG und Max-Planck-Gesellschaft – und ermöglicht den in Deutschland arbeitenden Forschern eine Teilhabe am internationalen Forschungsgeschehen unter vergleichbaren Bedingungen. Ohne für die BWG als Institution sprechen zu können, möchte ich meine persönliche Zustimmung zu dieser Entwicklung nicht verschweigen.

Für die BWG wird das Thema auch in Zukunft auf der Tagesordnung stehen, und sie wird nach dem Grundsatz der offenen interdisziplinären Diskussion mit allen im Gespräch bleiben, die sich dem verantwortungsvollen Umgang mit diesem sensiblen Bereich von Wissenschaft und Ethik verpflichtet fühlen.

2. Getragen von einer bundesweiten Initiative unter dem Motto „Wissenschaft im Dialog“ ist es seit einigen Jahren guter Brauch, einen wissenschaftlichen Bereich zum Thema des Jahres aufzurufen:

Nach Jahren der Physik, der Lebenswissenschaften und der Chemie war

2007 als Jahr der Geisteswissenschaften

ausgewählt worden.

Unter Federführung der Klasse der Geisteswissenschaften haben wir uns mit dem Schwerpunkt „Numismatik“ an diesen Aktivitäten beteiligt.

Die Bedeutung des Geldes

- als Geschichte der Zahlungsmittel schlechthin
- als Abbild der politischen Geschichte von Herrschaft und Macht
- als Wirtschaftsgeschichte über Handel und Märkte
- als Technik-Geschichte der Metallurgie
- und als Abbild der Kulturgeschichte

liefert ein weitreichendes Themenfeld für eine interdisziplinäre Arbeit von Geistes-, Natur- und Technikwissenschaften.

Seit mehreren Jahren ist die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft in diesem Themenfeld aktiv und hat sich durch Ausstellungen, Symposien und Publikationen in Wissenschaft und Öffentlichkeit als aktiver Förderer der Numismatik erwiesen.

Ein weiterer markanter Punkt in dieser Entwicklung war ein Symposium zum Thema

Moneta Regis – Forschungen zu Münzen, Macht und Geld im Mittelalter ,

das wir am 8. Juni 2007 in gemeinsamer Trägerschaft mit der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen in Braunschweig veranstaltet haben.

Im Zentrum dieser Veranstaltung stand die erfreuliche Tatsache, dass die Dissertation von Norbert Kamp aus dem Jahre 1957 mit dem Titel

*Moneta Regis: Königliche Münzstätten und königliche
Münzpolitik in der Stauferzeit*

nunmehr im Jahre 2007, d. h. nach 50 Jahren, in Buchform erscheinen konnte. Mit dieser öffentlichen Präsentation einer Dissertation aus dem Jahr 1957 und deren wissenschaftlichen Reflexion im Jahr 2007 verfolgte die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft zwei Ziele:

Zum einen wollten wir mit Norbert Kamp eine Persönlichkeit posthum ehren und an seine großen Leistungen in den historischen Wissenschaften und in der Wissenschaftspolitik erinnern. So sind ihm auch die BWG und die Göttinger Akademie zu besonderem Dank für sein Lebenswerk verpflichtet.

Zum anderen wollte die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft erneut bekunden, dass sie der Pflege des Wissenschaftsgebietes der Numismatik in seiner strategischen Ausrichtung eine hohe Bedeutung beimisst. Durch Persönlichkeiten wie Norbert Kamp, Wilhelm Jesse, Reiner Cunz und Niklot Klüßendorf hat die Vertretung der Numismatik sowohl eine lange Tradition als auch eine aktive Gegenwart.

Dies kommt auch darin zum Ausdruck, dass die BWG zeitgleich die Gründungssitzung einer neuen interdisziplinären Kommission zum Thema

Münzfunde und Geldgeschichte im Deutschland des Mittelalters und der Neuzeit

abgehalten hat, die mit diesem Symposium gewissermaßen ihre erste öffentliche Aktivität entfaltete und der in Zukunft weitere folgen werden.

3. Mehr denn je ist es die Aufgabe der Wissenschaftlichen Akademien, in einer breiteren Öffentlichkeit das Verständnis für Bedeutung und Nutzen der Wissenschaft für die Zukunft unserer Gesellschaft insgesamt zu fördern.

Wie an anderen Akademie-Standorten, tritt auch in Braunschweig die BWG unter dem Motto

Akademie-Vorlesung im Schloss

in die Öffentlichkeit.

Gemeinsam mit dem Kulturinstitut der Stadt Braunschweig verfolgen wir das Ziel, Themen der Wissenschaft im neuen kulturellen Zentrum des wieder-erstandenen Braunschweiger Schlosses zu präsentieren.

Unter dem General-Thema

Faszination Licht

haben wir in einer ersten Veranstaltungsreihe im November 2007 Fragestellungen aus dem Bereich

Licht und Energie

beleuchtet.

Mit Beiträgen aus Theologie, Geschichte, Physik und Elektrotechnik kamen sehr verschiedene Aspekte des spannenden Themas zur Sprache. Auch bei dieser Veranstaltungsreihe war es uns eine Freude, die Göttinger Akademie der Wissenschaften als Partner zu haben.

Anfang dieses Jahres haben wir die Vortragsreihe fortsetzen können, wobei Themen aus dem Bereich der Biologie, Medizin und Psychologie, aber auch der Mathematik zur Sprache kamen. Für die große Resonanz, die unsere Einladung in den Roten Saal des Schlosses gefunden hat, bin ich im Namen der BWG sehr dankbar. Offenbar haben wir ein Veranstaltungsformat und Thema gefunden, das auf ein Bedürfnis der Öffentlichkeit trifft – und wir werden uns nach allen Kräften auch weiterhin von der

Faszination Licht

fesseln lassen und zu weiteren Veranstaltungen der Akademie-Vorlesung im Schloss einladen.

4. Wissenschaft und ihre Geschichte ist auch eine Geschichte großer Namen, und in Braunschweig steht dabei naturgemäß Carl Friedrich Gauß im Mittelpunkt, der nach seiner Geburt 1777 die ersten 30 Jahre seines Lebens und die seinen Weltruhm als Fürst der Mathematiker prägenden Jahre in seiner Vaterstadt Braunschweig verbracht hat.

Nachdem wir uns im Jahr 2005 – in Erinnerung an den 150. Todestag – mit Werk und Wirken von Gauß in einer Reihe öffentlicher Veranstaltungen befasst haben, konnten wir im Jahr 2007 einen wirklich sichtbaren und langhinein wirk-samen Beitrag zur Würdigung und Erinnerung an Gauß leisten:

Es handelte sich um die Aufnahme der im Braunschweiger Land von dem Bildhauer Georg Arfmann geschaffenen Marmorbüste in die Walhalla – die Ehren-halle der deutschen Kultur und Geschichte in Regensburg.

Nach einer wechselvollen Vorgeschichte, die uns vor allem auch mit der Bayerischen Akademie der Wissenschaften verbindet, fand am 12. September 2007 mit einem Festakt der Bayerischen Staatsregierung ein langer Entscheidungsprozess ein glückliches Ende.

In einer beispielhaften Gemeinschaftsaktion, an der

- das Braunschweigische Landesmuseum und sein Direktor Gerd Biegel
- die Technische Universität Braunschweig
- der Lionsclub Braunschweig und
- die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft

beteiligt waren, gelang es – nicht zuletzt mit Hilfe der Stiftung Braunschweiger Kulturbesitz –, die Mittel für das Schaffen der Marmorbüste bereitzustellen.

Gauß hat viele Ehrungen posthum erfahren, nicht nur durch Denkmäler, Plätze und Schulen, vor allem in Braunschweig und Göttingen, sondern auch durch einen Berg in der östlichen Antarktis und einen Krater auf dem Mond.

Nun hat er in der Walhalla endlich auch seine nationale Heimat gefunden.

Meine Damen und Herren,

ich hoffe, Ihnen mit diesen vier Aspekten einen Eindruck davon verschafft zu haben, dass und welche Aktivitäten die BWG in dieser Stadt, in der Region und darüber hinaus entfaltet. Dass dabei das Jahr 2007 für die „Stadt der Wissenschaft“ wie auch für die BWG ein wichtiges Betätigungsfeld im Kontext der Forschungsregion Braunschweig eröffnete, sei nur noch der Vollständigkeit halber erwähnt.

Es wurde auch deutlich, dass es sich nicht nur um abgeschlossene Projekte im Jahresrhythmus handelte, sondern dass die Kontinuität verschiedener Veranstaltungen ein wichtiges Element zur nachhaltigen Präsenz wissenschaftlicher Themen in der Öffentlichkeit ist.

In diesem Sinne sei auf die Fortsetzung der Akademie-Vorlesung im Schloss und auf die in Kooperation mit der Göttinger Akademie der Wissenschaften gestaltete Vorlesungsreihe verwiesen, die in diesem Jahr – dem Jahr der Mathematik – auch mathematischen Themen gewidmet sein wird.

Eine Aktivität, die wir mit besonderer Freude seit 1948 als kontinuierliche Aufgabe erfüllen, ist jedoch die Verleihung der

Carl Friedrich Gauß-Medaille.

Auf Vorschlag der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften hat das Konzil der BWG beschlossen, die Gauß-Medaille 2008 an den Mikrobiologen

Prof. Dr.rer.nat. Dr. h.c.mult. Rudolf K. Thauer,
Direktor em. am Max-Planck-Institut für terrestrische Mikrobiologie
in Marburg

zu verleihen.

Wenn ich Sie, lieber Herr Kollege Thauer, und natürlich auch Ihre verehrte Frau Gemahlin heute hier als Ehrengäste begrüße, verbinde ich dies mit dem Ausdruck des Dankes und der Freude, dass Sie die Ihnen zugedachte Ehrung angenommen haben.

„Faszination Wissenschaft“ ist das Leitmotiv der Menschen, die in der Wissenschaft Herausragendes leisten und als national und international prägende Persönlichkeiten erkennbar sind. Wir sind überzeugt, lieber Herr Thauer, dass wir mit Ihnen einen derartig faszinierenden Preisträger gefunden haben – und Herr Kollege Jahn wird uns dies in seiner Laudatio sicher plastisch vor Augen führen.

In Wissenschaft und Öffentlichkeit fällt der Blick auf die Mikrobiologie damit aber auch auf ein Fachgebiet, das sich wie kaum ein anderes von einer einstigen Nischendisziplin inzwischen zu einem prägenden Faktor in den Biowissenschaften, der Biotechnologie und der Biomedizin entwickelt hat.

Und im Carl Friedrich Gauß-Kolloquium des heutigen Vormittags zum Thema

Mikrobiologie der Umwelt: Bakterien und die Stoffkreisläufe des Lebens

konnten wir erfahren, welche Bedeutung dieses Fachgebiet auch für das uns alle bewegende Thema „Klima-Wandel“ und die Erforschung der für die Zusammensetzung der Atmosphäre entscheidenden Gase besitzt. Umfassender und aktueller kann ein biologisches Thema kaum sein. Den Referentinnen und Referenten des Kolloquiums sei auch an dieser Stelle noch einmal herzlich gedankt.

Wir freuen uns natürlich auch besonders darauf, durch Ihren Festvortrag, lieber Herr Thauer, einen Eindruck von Ihrer persönlichen Sichtweise zu gewinnen.

Ich möchte meinen Bericht jedoch nicht schließen, ohne mich bei Frau Ulrike Hecker und Herrn Claus Eduard Hecker dafür zu bedanken, dass Sie den künstlerisch-musikalischen Auftakt unserer Festveranstaltung so eindrucksvoll und einfühlsam gestaltet haben – und nun noch einmal zu hören sein werden.

Und ich danke Ihnen, verehrte Gäste, dass Sie mir zugehört haben.

Laudatio zur Verleihung der Gaußmedaille an Prof. Dr. Rudolf Thauer

Prof. Dr. DIETER JAHN

Institut für Mikrobiologie der Technischen Universität Braunschweig,
Spielmannstr. 7, D-38106 Braunschweig

Sehr geehrter Herr Präsident Klein,
sehr geehrte Kolleginnen und Kollegen,
sehr geehrte Damen und Herren,
lieber Rolf, liebe Frau Thauer,

ich freue mich sehr heute hier zu stehen und diese Laudatio halten zu dürfen.
Lassen Sie uns anfangen.

Tief geprägt von der universitären Selbstverwaltung möchte ich das Ganze in
verschiedene Tagesordnungspunkte einteilen:

1. Feststellung der Beschlussfähigkeit
2. Mikrobiologie
3. Rolf Thauer
4. Persönliche Bemerkungen zum Ende
5. Verschiedenes

TOP 1. Beschlussfähigkeit

Ich denke die Beschlussfähigkeit feststellen zu können, obwohl es ja nichts zu
beschließen gibt. Also kommen wir zu TOP 2.

TOP 2. Mikrobiologie

Beginnen möchte ich mit einer Definition von Mikrobiologie. Dazu wurde früher
ja noch der Duden bemüht. Als stolzer Besitzer eines meist funktionierenden
Computers schaute ich natürlich in Wikipedia nach und fand folgendes:
„Teilgebiet der Biologie, das in Wissenschaft und Lehre sich mit Mikroorganismen,
also Lebewesen beschäftigt, die man mit bloßen Auge nicht erkennen kann“.

Zum Wort selbst konnte mir mein des Griechischen mächtiger Sohn erklären
„mikros“ steht für „klein“, „bios“ für „Leben“ und „logos“ für „Wort, Lehre“,
also ist Mikrobiologie die „Lehre vom kleinen Leben“. An dieser Stelle gilt es

der Fehlinterpretation einiger Kollegen zu widersprechen, dass entsprechend Mikrobiologen die „Kleinen Biologen“ sind. Und Rolf Thauer mit seinen zwei Metern ist auch sicher ein eindrucksvoller Gegenbeweis.

Mikrobiologische Forschung begann im 17. Jahrhundert mit der Entwicklung der ersten Mikroskope und ist mit Namen wie Robert Hooke und Antoni van Leeuwenhoek verbunden. Von ihnen stammen die ersten Zeichnungen von Mikroorganismen. Dann kam die medizinische Mikrobiologie in den Fokus des mikrobiologischen Interesses. Namen wie Louis Pasteur und Robert Koch sind zu nennen. Bakterien wurden nun als Krankheitserreger identifiziert. Dieses böse Image prägt die Vorstellung vieler von der Mikrobiologie bis heute. Für sie sind Bakterien unsichtbar, dadurch unheimlich und bedeuten nichts Gutes. Das einzige was sie für Bakterien übrig haben ist „Sakrotan“. Obwohl wir nun mit dem Helmholtzzentrum für Infektionsforschung (HZI) eine bedeutende Forschungsinstitution für die medizinischen Aspekte der Mikrobiologie in Braunschweig haben, möchte ich in den nächsten paar Minuten einen Stab für unsere kleinen Freunde brechen. Denn die meisten Bakterien auf und in uns leben friedlich mit uns. Es sind übrigens mehr als wir eigene Körperzellen haben, im Durchschnitt ca. 1 kg pro Person. Also kann man oder Frau morgens beim Wiegen getrost 1 kg für diese Bakterien abziehen. Und abends im Bett wird einem klar, dass man nicht allein ist. Durch ihre vielfältigen Dienste, bei der Stabilisierung des Haut pH-Wertes, bei der Verdauung, bei dem Schutz vor Infektionskrankheiten und vielem mehr sind sie für uns unverzichtbar. Ohne sie werden wir krank. Blicken wir zurück auf die Entstehung des Lebens. Die ersten Lebewesen waren Bakterien. Somit kann man etwas flapsig feststellen, dass unsere Ur-Ur-Ur-.....Oma ein Bakterien war. Bitte nehmen Sie das nicht wörtlich und verzichten Sie auf Leserbriefe an die Braunschweiger Zeitung, wie es mir passiert ist, als ich diesen Vergleich bei der „Kinderuni 2007“ benutzt habe. Man kann insgesamt festhalten: Bakterien können prima ohne uns, wir aber nicht ohne Bakterien leben!

Was macht denn nun diese Lebewesen so unentbehrlich in der Natur? Es sind die vielen Stoffkreisläufe des Lebens, für die sie wesentliche Beiträge leisten. Lassen Sie mich ein einfaches Beispiel geben zu den Stoffkreisläufen, die uns Menschen auf der einen Seite und die Bakterien und Pflanzen auf der anderen Seite betreffen. Wir essen Zuckerverbindungen mit Nudeln, Reis und Kartoffeln und verbrennen diese zur Energiegewinnung, indem wir Sauerstoff einatmen und das berühmte CO₂ ausatmen. Sie sehen, dass nicht nur Autos und Kraftwerke CO₂ produzieren, sondern Sie auch. Nun wird der Kreislauf geschlossen, indem Pflanzen und besonders Mikroorganismen im Meer aus dem CO₂ in der Luft wieder Zuckerverbindungen herstellen, dabei bilden sie wieder Sauerstoff. Die Energie dazu kommt vom Sonnenlicht, weshalb wir den Prozess Photosynthese nennen. Diese Naturkreisläufe bringen mich nun zwangsläufig zu TOP3 der Tagesordnung, zu Rolf Thauer.

TOP 3. Rolf Thauer

Nun gibt es aber viele Standorte auf der Erde, wo Biomasse (Pflanzen- und Tierreste, Mikroorganismen selbst) ohne Sauerstoff zersetzt wird. Denken wir dabei an Sumpfgebiete, Gewässerböden, Reisfelder, Kläranlagen oder die Mägen von Wiederkäuern. Hier kommt am Ende Methan heraus. Ein wichtiger Teilprozess dieses Stoffkreislaufes der Natur wird deshalb auch „Methanogenese“ genannt. Methan ist ein zwanzig Mal stärkeres Treibhausgas als CO_2 . Eine besondere Form des Methans wird als Methanhydrat gefroren auf dem Meeresboden gelagert. Davon handelt der Roman „Der Schwarm“ von Herrn Schätzing. Wir werden sicher genaueres im Vortrag von Rolf Thauer erfahren. Man sollte etwas zu den ungewöhnlichen Haustieren, die diesen Prozess betreiben und die er dabei beobachtete hat, sagen. Es sind die Archaea, früher Archaeobakterien. Sie wurden erst in den siebziger Jahren von Carl Woese und George Fox in heißen Quellen entdeckt. Inzwischen hat man sie an den extremsten Standorten, die von Lebewesen besiedelt werden können, entdeckt, dabei sind kochende Quellen, das tote Meer und andere Salzseen, Vulkane in der Tiefsee, Alkali- und Säureseen. Sie bilden neben den Eukarya, das sind wir, die Tiere, Pflanzen und Pilze, und den Bacteria, ein eigenes drittes Reich. Sie sind also mit uns genauso verwandt, wie mit den Bakterien.

Rolf Thauer und seine Mitarbeiter haben nun in mühevoller Arbeit eine Kultivierung dieser Exoten im Labor etabliert. Das machte diese Organismen, die die Methanogenese durchführen erstmals untersuchbar. Und diese Arbeit wurde reichhaltig belohnt. Eine völlig neue Biochemie mit neuartigen Enzymen, spannenden Co-Faktoren und unerwarteten Katalyseprinzipien wurde entdeckt. Mit-tendrin stand die Beteiligung des ungewöhnlichen Metalls Nickel. Auch hier möchte ich dem Festvortrag von Rolf Thauer nicht vorgreifen.

Lassen sie mich eine wissenschaftliche Bilanz ziehen. Über 300 Originalarbeiten, 80 Zusammenfassungskartikel, davon 25 Arbeiten mit über 100 Zitaten sind zu vermelden. Er hat mit einem Review zur Energiekonservierung in lebenden Systemen ein Standardwerk mit über 1500 Zitierungen geschrieben.

Begonnen hat alles 1939 in Frankfurt am Main. Er wuchs im Krieg auf. Sein Vater war bereits ein berühmter Mediziner und Forscher, später Max-Planck Direktor und Leopoldina Mitglied. Die Latte lag also hoch. Er studierte zunächst Medizin in Frankfurt. Nach dem Physikum wechselte er nach Tübingen, um Medizin und Biochemie zu weiter zu studieren. Nach dem Diplom in Biochemie, wechselte er zu Karl Decker nach Freiburg, wo er mit *summa cum laude* promovierte, wissenschaftlicher Assistent war und später auch habilitierte. Dazwischen lag ein Forschungsaufenthalt in Cleveland, Ohio, USA. Es folgte eine C3-Professur für die Biochemie der Pflanzen in Bochum. Seit 1976, er würde sagen seit 64 Semestern, ist er nun in Marburg und war bis 2005 C4-Professur für Mikrobiologie. Nun ist er frei und hat eine Emeritus Research Group am von

ihm mit gegründeten Max-Planck-Institut in Marburg. Davor lag eine Phase des Aufbaus, denn es gab 1976 kein Institut für Mikrobiologie in Marburg. Seit 1991 hat dann das Max-Planck-Institut für terrestrische (nicht extraterrestrische) Mikrobiologie als Direktor aufgebaut. Es war das erste neue MPI im Westen Deutschlands nach der Wiedervereinigung. Weitere Funktionen sind zu nennen: Vier Jahre Vizepräsident der DFG, 10 Jahre Aufsichtsrat der Behringwerke, Mitglied des Kuratoriums des Fonds der Chemischen Industrie, Mitglied des Nominierungsausschusses für das Leibnizprogramm der DFG und mehr. Er wäre fast wissenschaftlicher Leiter der lokalen GBF geworden. Doch durch seine Ablehnung hat unser Präsident Herr Klein diese Position dann ausgefüllt. Seine Arbeiten wurden ausgezeichnet mit der Otto-Warburg Medaille der Gesellschaft für Biologische Chemie (heute GBM), mit dem wichtigsten deutschen Forschungspreis, dem Gottfried-Wilhelm Leibniz Preis der DFG, sowie der Carus Medaille der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina. Er ist Ehrendoktor der ETH Zürich, der University of Waterloo und der Universität Freiburg. Er ist Mitglied und Senator der Leopoldina. Eine besondere Auszeichnung als Mikrobiologe wurde ihm zu Teil als die Bakteriengattung „Thauera“ nach ihm benannt wurde. Inzwischen gibt es schon über 200 Arbeiten zu Bakterien dieser Gattung. Alles dies wäre sicher nicht möglich gewesen ohne die Unterstützung seiner Familie. Deshalb sollen an dieser Stelle seine Frau Helga und seine zwei Töchter, sowie sein Sohn besonders erwähnt werden.

TOP 4. Persönliche Anmerkungen

Persönlich hat mich an Rolf Thauer sein gelebtes Engagement für den Nachwuchs und die Gleichberechtigung von Mann und Frau immer tief beeindruckt. Zu nennen sind 70 Doktorarbeiten, 80 Diplomarbeiten, 10 Habilitationen und ca. 20 Professoren/innen aus seinem „Stall“. Trotz oft wenig Zeit, war immer ansprechbar, dabei ein guter, wenig nötig auch harter, ehrlicher Berater. Er hat viel für die Förderung der Frauen im Fach Mikrobiologie in Deutschland getan. Wir haben auch deshalb in der Mikrobiologie deutlich mehr Frauen als Professorinnen als in anderen biologischen Fächern. Nicht durch Zufall hatten wir heute Morgen in unserem Kolloquium drei Professorinnen und einen Professor als Vortragende. Persönlich habe ich viel gelernt in unserer gemeinsamen Zeit in Marburg. Ich denke als Beispiel an unsere Weihnachtsfeiern im Institut, die immer mit einem Dank von ihm an das Spülpersonal, die Putzfrauen und die Werkstatt begannen. Das ordnet die eigene Arbeit ein und relativiert diese gegenüber dem „wahren Leben“ rund herum. Mein Fazit ist: „Man konnte und kann viel lernen von Rolf Thauer – als Wissenschaftler und als Mensch!“.

Herzlichen Glückwunsch zur Gaußmedaille 2008.

TOP 5. Verschiedenes

Entfällt.

Nickel und die drei Prinzen von Serendip*

RUDOLF K. THAUER

Max-Planck-Institut für terrestrische Mikrobiologie,
Karl-von-Frisch-Strasse, D-35043 Marburg

Vor 30 Jahren hat meine Gruppe in Marburg angefangen mit methanogenen Archaea zu arbeiten, die damals noch methanogene Bakterien hießen. Wir waren an der Frage interessiert, wie diese strikten Anaerobier auf H_2 und CO_2 wachsen können, obwohl bei der Methanbildung aus diesen Substraten weniger Energie freigesetzt als zur Synthese von ATP benötigt wird (1,2). Bei Versuchen, methanogene Archaea auf H_2 und CO_2 zu kultivieren, haben wir dann die zufällige Entdeckung gemacht, dass methanogene Archaea Nickel zum Wachstum benötigen (3). Dies hat wiederum zur Entdeckung des Nickel-haltigen Kofaktors F_{430} und von 6 neuen Nickelenzymen geführt: Methyl-Coenzym-M-Reductase, drei verschiedene [NiFe]-Hydrogenasen, CO Dehydrogenase und Acetyl-CoA-Synthase/Decarbonylase (4). Im Mittelpunkt des Seminars steht die Methyl-Coenzym-M-Reductase. Es werden Hinweise dafür aufgezeigt, dass dieses Nickelenzym auch an der anaeroben Oxidation von Methan durch methanotrophe Archaea beteiligt ist, und dass damit Nickel im Kohlenstoffkreislauf nicht nur bei der Bildung sondern auch beim Abbau des Treibhausgases Methan eine Schlüsselrolle zukommt (5). Der Vortrag wird eingeleitet mit dem Persischen Märchen von den drei Prinzen von Serendip, die auf ihren Reisen zahllose wichtige Entdeckungen gemacht haben, ohne dabei das zu finden, wofür sie aufgebrochen waren (6).

Literatur

- [1] THAUER, R.K., K. JUNGERMANN & K. DECKER (1977): Energy conservation in chemotrophic anaerobic bacteria. *Bact. - Rev.* **41**: 100-180.
- [2] THAUER, R.K., A.K. KASTER, H. SEEDORF, W. BUCKEL & R. HEDDERICH (2008): Methanogenic archaea: ecologically relevant differences in energy conservation. *Nature Reviews Microbiology* **6**: 579-591.

* Kurzfassung des Vortrags gehalten anlässlich der Verleihung der Gauß-Medaille am 16. Mai 2008 in Braunschweig.

- [3] SCHÖNHEIT, P., J. MOLL & R.K. THAUER (1979): Nickel, cobalt, and molybdenum requirement for growth of *Methanobacterium thermoautotrophicum*. Arch. Microbiol. **123**: 105-107.
- [4] JAUN, B. & R.K. THAUER (2007): Methyl-coenzyme M reductase and its nickel corphin coenzyme F₄₃₀ in methanogenic archaea. In *Nickel and its Surprising Impact in Nature*, Vol. 2 of *Metal Ions in Life Sciences* (Sigel, A., H. Sigel & R.K.O. Sigel, eds). John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK, pp 323-356.
- [5] THAUER, R.K. & S. SHIMA (2008): Methane as fuel for anaerobic microorganisms. Annals of the New York Academy of Sciences. **1125**: 158-170.
- [6] HODGES, E.J. (1966): The three princes of Serendip. Atheneum, New York.

DIE BRAUNSCHWEIGISCHE WISSENSCHAFTLICHE GESELLSCHAFT

VERLEIHT DIE

CARL FRIEDRICH GAUSS-MEDAILLE

HERRN

PROF. DR. RER. NAT. HABIL. DR. H.C. MULT.
RUDOLF K. THAUER

MARBURG

IN WÜRDIGUNG SEINER WEGWEISENDEN FORSCHUNGEN ZUR BIOCHEMIE UND ÖKOLOGIE DER METHANBILDUNG DURCH MIKROORGANISMEN. ER HAT NEUE ENZYMOLOGISCHE PRINZIPIEN UNTER VERWENDUNG SONST WENIG BIOLOGISCH AKTIVER METALLE ENTDECKT UND BIS AUF DIE ATOMARE EBENE MECHANISTISCH UND STRUKTURELL AUFGEKLÄRT. DAMIT WURDEN WESENTLICHE GRUNDLAGEN ZUM VERSTÄNDNIS DER BIOLOGISCHEN ERZEUGUNG EINES BEDEUTENDEN TREIBHAUSGASES GELEISTET.

Braunschweig, den 30. April 2008



Präsident
der Braunschweigischen
Wissenschaftlichen Gesellschaft

Thauer, Rudolf K., Prof. Dr. Dr. h. c. mult., Max-Planck-Institut für terrestrische Mikrobiologie, Karl-von-Frisch-Straße, 35043 Marburg.

- 1939, 05.10. geb. in Frankfurt a. M.
- 1959-1961 Studium der Medizin in Frankfurt a. M., Physikum
- 1962-1966 Studium der Biochemie in Tübingen, Diplom
- 1966-1968 Doktorand am Biochemischen Inst. der Universität Freiburg, Prom. zum Dr. rer. nat.
- 1969-1971 Wiss. Ass. am Biochemischen Inst. Freiburg, Hab. für Biochemie 1971
- 1972 Forschungsaufenthalt an der Case Western Reserve University in Cleveland, Ohio, USA
- 1972-1976 Prof. für Biochemie an der Ruhr-Universität Bochum
- 1976-2005 Prof. für Mikrobiologie an der Universität Marburg
- 1991 R. Sammet Gastprofessur, Org. Chemie, Universität Frankfurt
- 1996 11th A.J. Kluyver Memorial Lecture, University of Delft, Holland
- 1997 First Albert Neuberger Lecture in Tetrapyrrole Science, Queen Mary and Westfield College, London, England
- 1998 Marjory Stephenson Prize Lecture, SGM, Nottingham, England
- 1999 Shimizu Gastprofessur, Environmental Engineering, Stanford University, CA
- 1991-2007 Direktor der Abt. f. Biochemie am Max-Planck-Inst. für terrestrische Mikrobiologie Marburg
- 2000 Wellcome Visiting Professor, Microbiology, UW Madison, Wisconsin, USA
- 2003 Stanley Dagley Lectureship, University of Minnesota, Minneapolis, USA
- 2005 Roger Y. Stanier Memorial Lecture, UC Berkeley CA, USA
- 2006 Nelson J. Leonhard Distinguished Lecturer, University of Illinois at Urbana Champaign, USA
- 2007 T.Y. Shen Lecture, Massachusetts Institute of Technology, USA

Mitgliedschaften in Akademien

- seit 1984 der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina
- seit 1989 der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen
- seit 1990 der Academia Europaea
- seit 1991 der Rheinisch-Westfälischen Akademie der Wissenschaften

Mitglied in zahlreichen Organisationen und Gremien.

Ehrungen und Auszeichnungen

- 1984 Otto Warburg Medaille, Ges. f. Biologische Chemie
- 1986 Dannie-Heinemann-Preis, Akademie der Wissenschaft zu Göttingen
- 1987 Gottfried Wilhelm Leibniz Preis, Deutsche Forschungsgemeinschaft
- 1992 Carus-Medaille, Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina, Halle
- 2001 Ehrendoktor der ETH Zürich, Schweiz
- 2007 Ehrendoktor der University of Waterloo, Canada
- 2007 Ehrendoktor der Universität Freiburg i. Br.

Veröffentlichungen

Über 300 Originalarbeiten, über 100 Reviews und Buchkapitel. Mit über 1600 Zitationen: THAUER, R.K., K. JUNGGERMANN & K. DECKER: Energy conservation in chemotrophic anaerobic bacteria, Bact. Rev. 41(1977) 100-180.

Schlußwort zur Jahresversammlung der BWG am 16. Mai 2008

Wir danken, meine sehr verehrten Damen und Herren, den Professorinnen Bärbel Friedrich aus Berlin, Barbara Reinhold-Hurek aus Bremen, Julia Vorholt aus Zürich und Prof. Georg Fuchs aus Freiburg für Ihre Beiträge zum diesjährigen Carl Friedrich Gauß-Kolloquium, die unsern mikrobiologischen Horizont geradezu, wenn ich so sagen darf, sprunghaft erweitert und aufgehellert haben, wir danken Kollegen Dieter Jahn für seine Laudatio – „Rühmen, das ist!“ war Rilkes überraschte Entdeckung, als er der alten orphischen Stimme nachhorchte – und nach allem: vor allem dem diesjährigen Träger der Carl Friedrich Gauß-Medaille, Prof. Rudolf Thauer für den Festvortrag, der uns seinerseits zurückhören ließ in die zweieinhalbtausendjährige Geschichte des wissenschaftlichen Denkens und seiner *ars inveniendi*, seiner Kunst des Findens:

Seit ich des Suchens müde ward,
Erlernte ich das Finden

schrieb Nietzsche unter dem Titel „Mein Glück“ vor seine „Fröhliche Wissenschaft“.

Kunst, *ars*: *technê* nannten die Alten solches Erlernen, und allerdings ist die Technik der Anfang aller Wissenschaft, weil es mit der Wissenschaft nichts wäre ohne Methode – *hê methodos* ist das von Platon dem Denken geschenkte Wort: mit Vorsicht, Rücksicht und Umsicht auf der Spur bleiben, worin schon liegt, daß eine Methode sich niemals blindlings „anwenden“ läßt, gehört zur ihr doch immer neben dem Verstand die Urteilskraft oder, wie das Jahrhundert von Horace Walpole gern sagte: der Witz.

Wie viele haben schon gebadet, aber nur einer fand dabei das Grundgesetz der Hydrostatik, und glücklich haben wir über die Zeiten hinweg sein *heyrêka!* im Ohr, auch wenn uns die Gelehrten versichern, es handle sich um einen „Professorenwitz“: zur Zeit des Archimedes sei es in Syrakus nicht üblich (sic!) oder auch nur möglich gewesen, vom Bad nackt nach Haus zu gehen... Nehmen wir das Wort Witz getrost auch hier in seiner alten Bedeutung: Witz gehört zur Methode als der spielerische Überschuß an Aufmerksamkeit, Walpoles *accidental sagacity*, und dann bleiben womöglich die schlimmen Erfahrungen aus, die etwa Voltaires serendippischer Held Zadig machen mußte.

Pythagoras jedenfalls, dem die Mathematik der Tonverhältnisse aufgegangen sein soll, als er an einer Schmiede vorbeikam, habe, nachdem er den für uns alle mit seinem Namen verbundenen Lehrsatz gefunden hatte, ein Fest gegeben, zu

dem das ganze Volk eingeladen war, und dafür eine Hekatombe Ochsen geschlachtet, wozu der Berliner Professor Hegel in seinen Vorlesungen über die Geschichte der Philosophie anmerkte, dies sei „Fröhlichkeit, Feier des Geistes (Erkenntnis), – auf Kosten der Ochsen“.

Nun sind die Ochsen uns auch insofern nahverwandt, als sie genau wie wir in allem auf die Nützlichkeit sehen, denn, sagt Hegel an anderer Stelle, in der völligen Gewißheit der Nichtigkeit der sinnlichen Dinge „langen sie ohne weiteres zu und zehren sie auf“. Das sollten wir aber bei allen ganz berechtigten Reden über die Nützlichkeit der Wissenschaft beherzigen, daß das bloß Nützliche nicht fröhlich macht – anders als der glückliche Fund, das griechische *hérmaion*, die französische *trouvaille* oder Walpoles witzige *serendipity*. Nützlich wozu?

Der Mensch „ist nur da ganz Mensch, wo er spielt“, hat uns Schiller auf den Weg gegeben, und auch die *serendipity* ist ein *Spiel* mit dem Zufall, dessen Begriff *auch* erst mit der Wissenschaft in die Welt gekommen ist. Was es zuletzt damit auf sich hat, möchte wohl am schönsten der große scholastische Methodiker Wilhelm von Ockham formuliert haben: *contingentia est in rebus propter libertatem voluntatis creatae* – der Zufall ist in der Welt um der menschlichen Freiheit willen.

In diesem Sinn der Freiheit *der* Wissenschaft, *zur* Wissenschaft und *aus* Wissenschaft wünsche ich Ihnen allen eine harmonische Fortsetzung der heutigen Feier des Geistes.

Mitteilungen

Veröffentlichungen

Im Berichtsjahr wurden veröffentlicht:

Jahrbuch 2007 der BWG mit 247 Seiten

Abhandlungen der BWG, Band 58 mit 68 Seiten: Macht und Geld im Mittelalter. Forschungen zu Norbert Kamps MONETA REGIS, und Band 59 mit 297 Seiten

Geschäftliche Mitteilungen

Am 31.12.2008 gehörten der BWG 146 ordentliche Mitglieder an, davon 77 unter 70 Jahren, sowie 71 korrespondierende Mitglieder. Die Zahl der Mitglieder unter 70 Jahren betrug in der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften 30, in der Klasse für Ingenieurwissenschaften 23 und in der Klasse für Geisteswissenschaften 24. Von den ordentlichen Mitgliedern zählten zum Bereich Braunschweig 82, zum Bereich Clausthal 13, zum Bereich Göttingen 8, zum Bereich Hannover 38, zum Bereich Hildesheim 1 und zum Bereich Osnabrück 4.

Das Plenum trat am 12.12.2008 zu seiner jährlichen Hauptsitzung zusammen, nahm die Jahresberichte des Präsidenten und des Generalsekretärs entgegen und beschloss den Haushalt 2009. In der Wahlsitzung am 12.12.2008 wurden die auf den Seiten 149 ff. vorgestellten Mitglieder zugewählt.

Das am 12.12.2008 tagende Konzil wählte den Gauß-Preisträger 2009 und legte die Feierliche Jahresversammlung auf den 08.05.2009 fest.

Personalia

Todesfälle

- 09.05.2008 Joachim Heidberg (*30.01.33), Dr.phil.nat., Prof. für Physikalische Chemie an der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover. Ordentliches Mitglied der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften seit 1995. Vorsitzender der Klasse 2004-2006.
- 07.08.2008 Ernst Ullmann (*19.12.28), Dr.phil.habil., Prof. f. Kunstgeschichte an der Universität Leipzig. Korrespondierendes Mitglied der Klasse für Geisteswissenschaften seit 1992. Vorsitzender der Kommission für Niedersächsische Bau- und Kunstgeschichte.
- 18.09.2008 Günter Weimann (*06.06.21), Dr.-Ing., Prof.em. für Photogrammetrie und Kartographie an der TU Braunschweig. Ordentliches Mitglied der Klasse für Bau-/Ingenieurwissenschaften seit 1985. Ab 1994 korrespondierendes Mitglied.
- 04.12.2008 Wolf Freiherr von Engelhardt (*09.02.10), Dr.phil., Prof.em. für Mineralogie und Petrographie an der Universität Tübingen. Korrespondierendes Mitglied seit 1980. Gaußpreisträger 1979.

Zuwahlen

Zum ordentlichen Mitglied wurde am 11.04.2008 gewählt:

in der Klasse für Ingenieurwissenschaften

Canders, Wolf-Rüdiger, Prof. Dr.-Ing., IMAB Institut für Elektrische Maschinen, Antriebe und Bahnen, TU Braunschweig, Hans-Sommer-Str. 66, 38106 Braunschweig

- 1947, 23.01. geb. in Neumünster in Gunzenhausen/Mfr.
- 1966 Abitur in Neumünster
- 1969-1974 Studium der Elektrotechnik und elektrischen Energietechnik an der TU Braunschweig, Dipl.-Ing.
- 1974-1976 Wiss. Mitarbeiter am DFG Sonderforschungsbereich „Stadtgerechte Kraftfahrzeuge“, TU Braunschweig
- 1976-1982 Wiss. Mitarbeiter am Inst. f. elektrische Maschinen, Antriebe und Bahnen (IMAB)
- 1982 Prom. zum Dr.-Ing.
- 1982-1995 Entwicklungsingenieur, Konstruktionsleiter, Entwicklungsleiter für elektrische Maschinen bei RWE Piller GmbH
- seit 1995 Prof. an der TU Braunschweig

Zahlreiche Publikationen und Patente.

Zum korrespondierenden Mitglied wurde am 11.04.2008 gewählt:

in der Klasse für Geisteswissenschaften

Bürger, Peter, Prof. Dr. phil., Universität Bremen, Sprach- und Literaturwissenschaften, Hans-Thoma-Str. 25, 28209 Bremen

- 1936, 06.12. geb. in Hamburg
- 1955 Abitur am Johanneum in Hamburg
- 1955-1960 Studium der Fächer Germanistik, Romanistik und Philosophie in Hamburg und München
- 1959 Promotion in Hamburg mit einer Arbeit über den Essay bei Heinrich Heine
- 1960 1. Staatsexamen (Deutsch, Französisch) in München
- 1960-1964 Lektor für deutsche Sprache und Literatur in Montpellier und Lyon
- 1963 2. Staatsexamen

1964-1970 Wiss. Ass. am Romanischen Seminar der Universität Bonn
 1970 Habilitation der Universität Erlangen mit einer Arbeit über Komödien Pierre Corneilles
 1970-1998 Professor für Literaturwissenschaft (Französisch und Komparastik) an der Universität Bremen
 seit 1998 emeritiert
 2006 Verleihung der Carl-Friedrich-Gauß-Medaille

Zahlreiche Beiträge in Fachzeitschriften (auch zur bildenden Kunst), mehrere Herausgeberschaften, 17 Monographien.

Zu ordentlichen Mitgliedern wurden am 12.12.2008 gewählt:

in der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften

Balling, Rudi, Prof. Dr. troph., Helmholtz Zentrum für Infektionsforschung, Inhoffenstr. 7, 38124 Braunschweig

1953, 17.10. geb. in Daun-Pützborn
 1972 Abitur in Daun
 1974-1980 Studium der Ernährungswissenschaft, Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn
 1978-1979 Studium der Tierernährung, Washington State University, Pullman, USA
 1980 Master of Science (M.S.) in Nutrition, Washington State University, Pullman, USA
 1981-1982 DAAD-Stipendiat, NIEHS (NIH), Lab. of Reproductive and Developmental Toxicology, Research Triangle Park, N.C., USA
 1981-1984 Doktorarbeit, Inst. f. Anatomie und Reproduktionsbiologie, RWTH Aachen
 1984 Promotion, Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn
 1985-1987 Postdoc (DFG-Stipendiat), Mount Sinai Research Institute, Toronto, Kanada
 1987-1991 Wiss. Mitarbeiter, Max.-Planck-Inst. f. Biophysikalische Chemie, Göttingen
 1991 Habilitation, Embryologie und Reproduktive Embryologie, Med. Fak., RWTH Aachen
 1991-1993 Arbeitsgruppenleiter am Max-Planck-Institut für Immunbiologie, Freiburg
 1993-2000 Direktor des Inst. f. Säugetiiergegenetik, GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, München-Neuherberg, und Lehrstuhl für Entwicklungsgenetik, TU München
 seit 2001 Wiss. Geschäftsführer des Helmholtz-Zentrums f. Infektionsforschung, Braunschweig, und Honorarprof., TU Braunschweig

Zahlreiche Preise und Auszeichnungen, zahlreiche Mitgliedschaften in Wissenschaftlichen Gesellschaften und Organisationen, Präsident der International Mammalian Genome Society, IMGS (1999-2003), der Deutschen Ges. f. Genetik, GfG (2001-2004), des Verbunds Biowissenschaftlicher und Biomedizinischer Gesellschaften, vbbm (2004-2007), des Verbands der Biologie, Biowissenschaften & Biomedizin in Deutschland, VBIO (seit 2007), des Int. Congress of Genetics in Berlin (2008), zahlreiche Publikationen.

Kaufmann, Dieter Eckart, Prof. Dr. rer. nat., Institut für Organische Chemie der TU Clausthal, Leibnizstr. 6, 38678 Clausthal-Zellerfeld

- 1948, 18.11. geb. in Cuxhaven
- 1967 Abitur in Cuxhaven
- 1967 Silbermedaille Bundeswettbewerb „Jugend forscht“
- 1967-1971 Studium der Chemie in Göttingen, Diplom
- 1969 Preis der Riedel-de Haen Studienstiftung
- 1971 Studienabschlusspreis des Fonds der Chemischen Industrie
- 1972 Promotionsstipendium der Graduiertenförderung
- 1972-1975 Prom. in Org. Chemie an der Universität Göttingen
- 1974-1975 Wiss. Ass. an der Universität Göttingen
- 1976 Postdoctoral Fellowship der IBM World Trade
- 1976-1977 Post-Doctoral Fellow, IBM Research Laboratory, San Jose, CA, USA
- 1977-1978 Post-Doctoral Fellow, Universität Göttingen
- 1979-1982 Wiss. Ass., Universität Hamburg
- 1983-1987 Hochschulassistent, Universität Hamburg
- 1986 Habilitation im Fach Org. Chemie an der Universität Hamburg
- 1988-1992 Forschungsschemiker (Zentralforschung), Abteilungsleiter (Homogene Katalyse), Leiter der Fachleitstelle für Naturwissenschaftler, BAYER AG, Leverkusen
- 1991 Venia leg. für Org. Chemie an der Universität Göttingen
- seit 1993 Professur für Org. Chemie an der TU Clausthal
- seit 1997 Direktor des Instituts für Org. Chemie der TU Clausthal

Zahlreiche Publikationen, Hrsg. Boron Compounds, Science of Synthesis, Bd. VI, New York 2005.

in der Klasse für Ingenieurwissenschaften

Müller, Jürgen, Prof. Dr.-Ing., Institut für Erdmessung, Gottfried Leibniz Universität Hannover, Schneiderberg 50, 30167 Hannover

- 1962, 13.03. geb. in Bamberg
- 1981 Abitur in Hassfurt
- 1983-1988 Studium der Geodäsie (ehemals Vermessungswesen) an der TU München, Dipl.-Ing.

- 1991 Prom. in Geodäsie, TU München
 1993 Preis des Bundes der Freunde der TU München für die beste Doktorarbeit in der Fak. f. Bauingenieur- und Vermessungswesen zwischen 1991 und 1993
 1988 Harbert-Buchspende des Deutschen Vereins für Vermessungswesen
 1988-1994 Wiss. Mitarbeiter an der Forschungseinrichtung Satellitengeodäsie der TU München
 1994-1995 Forschungsstipendium der DFG
 1996-2001 Wiss. Mitarbeiter am Inst. f. Astronomische und Physikalische Geodäsie, TU München
 2001 Hab. für Physikalische Geodäsie an der TU München
 seit 2001 Prof. f. Physikalische Geodäsie an der Universität Hannover, Direktor des Instituts für Erdmessung
 seit 2002 Mitglied der Deutschen Geodätischen Kommission (DGK) bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften
 seit 2003 Schriftleiter (Theoretische Geodäsie), zfv – Zt. f. Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement

Zahlreiche Mitgliedschaften in int. wiss. Gremien, zahlreiche Publikationen.

in der Klasse für Geisteswissenschaften

Borsche, Tilman, Prof. Dr. phil., Inst. f. Philosophie, Universität Hildesheim, Tilsiter St. 1, 31141 Hildesheim

- 1947, 02.02. geb. in Frankfurt a. M.
 1964 High-School-Diploma, Waukesha High-School, Wisc., USA
 1966 Abitur in Wiesbaden
 ab 1966 Studium der Philosophie, Japanologie, Allg. Sprachwissenschaft und Geschichte in Frankfurt, Paris (Sorbonne), Bonn und Tübingen
 1973 MA, Philosophie, Bonn
 1979 Promotion, Philosophie, Tübingen
 1987 Habilitation, Philosophie, Bonn
 1975-1982 Redakteur am Historischen Wörterbuch der Philosophie, Mainz
 1983-1989 Hochschulassistent an der Philosophischen Fak. der Univ. Bonn
 1987 Mitherausgeber des Historischen Wörterbuchs der Philosophie für die Bände 8-12
 1988/89 Vertreter des Lehrstuhls für Philosophie an der Kirchlichen Hochschule Berlin
 seit 1990 Universitätsprof. für Philosophie und Leiter des Inst. f. Philosophie der Universität Hildesheim
 seit 1994 Herausgeber der Allgemeinen Zt. f. Philosophie

- 1998-2000 Geschäftsführer des Engeren Kreises der Allgemeinen Ges. f. Philosophie in Deutschland (seit 2000 DGPhil)
 seit 2005 Mitglied des Vorstands der Deutschen Ges. f. Philosophie

Zahlreiche Publikationen zur Philosophie der Antike, Renaissance, Neuzeit und Moderne, zahlreiche Wörterbuch- und Handbuchartikel, 3 Monographien, mehrere Hrsg.

Luchterhandt, Otto, Prof. Dr. jur., Seminarabteilung für Ostrechtsforschung, Universität Hamburg, Morrweidenstr. 7, 20148 Hamburg

- 1943, 01.08. geb. in Celle
 1964 Abitur in Wuppertal
 1965-1970 Studium der Rechts- und Staatswissenschaften, Slawistik und Ost-europäischen Geschichte in Freiburg/Brsg. und Bonn
 1970 1. jur. Staatsexamen in Köln
 1974 Prom. an der Universität Köln
 1975 2. jur. Staatsexamen in Köln
 1975-1990 Wiss. Ass. bzw. Mitarbeiter am Inst. f. Ostrecht der Universität Köln
 1980 Förderpreis der Deutschen Ges. f. Osteuropakunde
 1984 Ernst-Rickert-Preis des Bundesministeriums für Innerdeutsche Beziehungen
 1986 Hab., Universität Köln, mit venia leg. für Öffentliches Recht, Ostrecht und Kirchenrecht
 1988-1990 Lehrstuhlvertretungen in Freiburg/Brsg., Köln und Hamburg
 1991-2008 Prof. f. Öffentliches Recht und Ostrecht am Fachbereich Rechtswissenschaft I der Universität Hamburg, Direktor der Abt. f. Ostrechtsforschung

Seit 1992 Rechtsberater in ganz Osteuropa und GUS für die Deutsche Stiftung für Internationale Rechtliche Zusammenarbeit, Bonn, Berater der politischen Stiftungen, Berlin. Zahlreiche Publikationen, mehrere Bücher.

Zum korrespondierenden Mitglied wurde am 12.12.2008 gewählt:

in der Klasse für Ingenieurwissenschaften

Mang, Herbert, Prof. Dr., Institut für Mechanik der Werkstoffe und Strukturen, Technische Universität Wien, Karlsplatz 13, A-1040 Österreich

- 1942, 05.01. geb. in Wien
 1960 Abitur am Bundesrealgymnasium XII, Wien
 1967 Technische Universität Wien (Bauingenieurwesen), Dipl. Ing.
 1968-1979 Univ. Assistent, Inst. f. Elastizitäts- und Festigkeitslehre, TU Wien

- 1970 TU Wien, Dr. techn., mit Auszeichnung
- 1971-1973 Fulbright Fellow, Texas Tech University, Lubbock
- 1974 Texas Tech University, Lubbock, Ph. D. (Major: Structural Engineering, Minor: Mathematics), mit Auszeichnung
- 1975-1976 Max-Kade Fellow Cornell University, Ithaca
- 1977 Habilitation (Festigkeitslehre mit bes. Berücksichtigung der Methode der Finiten Elemente), Fakultät f. Bauingenieurwesen, TU Wien
- 1979 Ernennung zum Ao. Univ.-Prof., TU-Wien
- 1979 Visiting Associate Prof., Tokyo University
- 1981 UNIDO-Fachexperte, Zhengzhou Research Institute for Mechanical Engineering, Zhengzhou, Volksrepublik China
- 1983 O. Univ.-Prof. für Elastizitäts- und Festigkeitslehre, TU-Wien
- 1994-1995 Prorektor der TU-Wien
- 2007 Verleihung der Carl-Friedrich-Gauß-Medaille

Zahlreiche wissenschaftliche Veröffentlichungen, insbesondere Bücher, Mitgliedschaften in Akademien und wissenschaftlichen Gesellschaften sowie Ehrungen und Auszeichnungen.

Inhaber der Carl-Friedrich-Gauß-Medaille 1949-2008

- 1949 *Walter Reppe* †, Dr. phil., Dr. phil. nat. h.c., Dr.-Ing. E.h., Honorarprofessor der Universität Mainz und der Technischen Hochschule Darmstadt.
- 1950 *Arvid Hedvall* †, fil. dr., Dr. phil. h.c., Dr.-Ing. h.c., Dr. Techn. h.c., em. o. Professor für Silikatchemie der Technischen Hochschule Göteborg/Schweden.
- 1951 *Wilhelm Nusselt* †, Dr.-Ing. E.h., em. o. Professor für Theoretische Maschinenlehre an der Technischen Hochschule München.
- 1952 *Erwin W. Müller* †, Dr.-Ing. habil., Dr. rer. nat. h.c., Dr. h.c., Evan-Pugh Res., Professor an der Pennsylvania State University, University Park, Penn./USA.
- 1953 *Gustav Wolf* †, Dr.-Ing. E.h., Professor in Münster.
- 1954 *Max Strutt* †, Dr. techn., Dr.-Ing. E.h., o. Professor für Höhere Elektrotechnik an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich/Schweiz.
- 1955 *Fritz Arndt* †, Dr. phil., Dr. rer. nat. h.c., Dr. h.c., em. o. Professor für Organische Chemie an der Universität Breslau, Honorarprofessor an der Universität Hamburg.
- 1955 *Pascual Jordan* †, Dr. phil., em. o. Professor für Theoretische Physik an der Universität Hamburg.
- 1956 *Ulrich Finsterwalder* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., München.
- 1957 *Georg Sachs* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., o. Professor für Metallurgie an der Syracuse University, Syracuse, N.Y./USA.
- 1958 *Werner Schmeidler* †, Dr. phil., Dr.-Ing. E.h., em. o. Professor für Mathematik an der Technischen Universität Berlin.
- 1959 *Hans Brockmann* †, Dr. sc. nat. habil., Dr. rer. nat. h.c., em. o. Professor für Organische Chemie an der Universität Göttingen.
- 1960 *Theodor von Karman* †, Dr. phil., Dr.-Ing. E.h., Dr. rer. nat. h.c. mult., LL.D., Professor am California Institute of Technology, Pasadena, Calif./USA.
- 1961 *Kurt Paul Klöppel* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., o. Professor für Statik und Stahlbau an der Technischen Hochschule Darmstadt.
- 1962 *Walter Schottky* †, Dr. phil., Dr.-Ing. E.h., Dr. rer. nat. h.c., Dr. techn. h.c., em. o. Professor für Theoretische Physik an der Universität Erlangen.

- 1963 *Gottfried Köthe* †, Dr.phil., Dr.h.c., Dr.rer.nat.h.c.mult., em. o. Professor für Angewandte Mathematik an der Universität Heidelberg.
- 1964 *Carl Wagner* †, Dr.phil., Dr.rer.nat.h.c., Dr.-Ing.E.h., Professor und vormalig Direktor des Max-Planck-Instituts für Physikalische Chemie in Göttingen.
- 1965 *Albert Betz* †, Dr.phil., Dr.-Ing.E.h., Dr.sc.techn.h.c., Professor und vormalig Direktor der Aerodynamischen Versuchsanstalt und des Max-Planck-Instituts für Strömungsforschung in Göttingen.
- 1966 *Wilhelm Becker* †, Dr.phil., Dr.h.c., em. o. Professor und Direktor der Astronomisch-Meteorologischen Anstalt der Universität Basel/Schweiz.
- 1967 *Henry Görtler* †, Dr.phil.habil., LL.D.h.c., em. o. Professor für Mathematik und vormalig Direktor des Instituts für Angewandte Mathematik der Universität Freiburg i. Br..
- 1968 *Egon Orowan* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., o. Professor für Mechanical Engineering am Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Mass./USA.
- 1969 *E. Arne Bjerhammer*, tekn. dr., Professor für Geodäsie an der Kungl. Tekniska Högskolan in Stockholm/Schweden.
- 1970 *Elie Carafoli* †, Dr.rer.nat., Professor für Aero-Gas-Dynamik am Polytechnischen Institut Bukarest und vormalig Direktor des Institut de Mécanique des Fluides „Traian Vuia“ in Bukarest/Rumänien.
- 1971 *Walter Dieminger* †, Dr.rer.techn., apl. Professor für Geophysik an der Universität Göttingen und vormalig Direktor des Max-Planck-Instituts für Aeronomie in Lindau/Harz.
- 1972 *Hubert Rüsch* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., em. o. Professor für Massivbau an der Technischen Hochschule München und vormalig Direktor des Amtlichen Materialprüfungsamtes für das Bauwesen.
- 1973 *Viktor Gutmann* †, Dr.techn., Ph.D., Sc.D., Dr.rer.nat.h.c., Dr.Sc.h.c., em. o. Professor für Anorganische Chemie an der Technischen Universität Wien/Österreich.
- 1974 *Friedrich Tamms* †, Dr.h.c., Professor, Beigeordneter der Stadt Düsseldorf (Stadtbaurat i.R.), Freischaffender Planer.
- 1975 *Sir Michael James Lighthill* †, FRS, FRAeS, Hon.D.Sc.mult., Professor für Mathematik an der University of Cambridge/Großbritannien.
- 1977 *Walter Maurice Elsasser* †, Dr.phil., o. Professor für Geophysik an der Johns Hopkins University, Baltimor, Maryland/USA.
- 1977 *Helmut Moritz*, Dr.techn., Dr.-Ing.E.h., o. Professor für Geodäsie an der Technischen Universität Graz/Österreich.

- 1977 *László Fejes Tóth* †, Dr., Professor und Direktor des Mathematischen Forschungsinstituts der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest/Ungarn.
- 1978 *Ulrich Grigull* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., em. o. Professor für Thermodynamik an der Technischen Universität München.
- 1979 *Wolf Freiherr von Engelhardt* †, Dr.phil., em. o. Professor für Mineralogie und Petrographie an der Universität Tübingen.
- 1980 *Hans Kuhn*, Dr.phil., Dr.rer.nat.h.c., Professor und vormalig Direktor am Max-Planck-Institut für Biophysikalische Chemie in Göttingen.
- 1981 *Martin Kneser* †, Dr.rer.nat., o. Professor für Mathematik an der Universität Göttingen.
- 1982 *Walter Burkert*, Dr.phil., o. Professor für Klassische Philologie an der Universität Zürich/Schweiz.
- 1983 *Leopold Müller* †, Dr.techn., Dr.mont.h.c., Honorarprofessor für Felsmechanik an der Universität Salzburg/Österreich.
- 1984 *Heinz Beneking* †, Dr.rer.nat., o. Professor und Direktor des Instituts für Halbleitertechnik an der RWTH, Aachen.
- 1985 *Gerhard Ertl*, Dr.rer.nat., Dr.h.c., Professor und Direktor am Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft in Berlin.
- 1986 *Arno Borst* †, Dr.phil., o. Professor für Mittelalterliche Geschichte an der Universität Konstanz.
- 1987 *Olgierd Cecil Zienkiewicz*, FRS, Ph.D., D.Sc., Hon.D.Sc.mult., Professor of Civil Engineering an der University of Wales/Swansea/Großbritannien.
- 1988 *Heinz Brauer*, Dr.-Ing., Professor für Chemische Ingenieurtechnik an der Technischen Universität Berlin.
- 1989 *Herbert Walther*, Dr.rer.nat., Professor für Experimentalphysik an der Universität München und Direktor des Max-Planck-Instituts für Quantenoptik in Garching.
- 1990 *Raymond Klibansky* †, Dr.phil., Dr.phil.h.c., Professor der Philosophie (Logik und Metaphysik) an der McGill University in Montreal/Kanada und Fellow des Wolfson College Oxford.
- 1991 *Wilfried B. Krätzig*, Dr.-Ing. Dr.-Ing.E.h., Professor für Ingenieurmechanik an der Ruhr-Universität Bochum.
- 1992 *Ernst-Dieter Gilles*, Dr.-Ing., Professor für Meß- und Regelungstechnik an der Universität Stuttgart.
- 1993 *Hans-Heinrich Voigt*, Dr.rer.nat., em. o. Professor für Astronomie und Astrophysik an der Universität Göttingen.

- 1994 *Josef Fleckenstein* †, Dr.phil., em. o. Professor für Mittelalterliche Geschichte, zuvor Direktor des Max-Planck-Instituts für Geschichte in Göttingen.
- 1995 *David G. Crighton* †, FRS, Head of Department of Applied Mathematics and Theoretical Physics, University of Cambridge/Großbritannien.
- 1996 *Gerhard Frey*, Dr.rer.nat., Dr.h.c., Professor für Mathematik an der Universität Essen.
- 1997 *Arnold Esch*, Dr.phil., Professor für Mittelalterliche Geschichte, Direktor des Deutschen Historischen Instituts in Rom/Italien.
- 1998 *Christian Menn*, Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., em. Professor für Konstruktiven Ingenieurbau an der ETH Zürich/Schweiz.
- 1999 *Christian Wandrey*, Dr.rer.nat., Professor für Biotechnologie, Universität Bonn, Direktor des Instituts für Biotechnologie des Forschungszentrums Jülich.
- 2000 *Klaus J. Hopt*, Dr.jur. Dr.phil. Dr.h.c., Professor für ausländisches und internationales Privatrecht, Universität Hamburg, Direktor des Max-Planck-Instituts für ausländisches und internationales Privatrecht, Hamburg.
- 2001 *Robert Piloty*, Dr.-Ing., Professor em. für Datentechnik an der Technischen Universität Darmstadt.
- 2002 *Wolfgang Krätschmer*, Dr.rer.nat., Professor für Kern- und Astrophysik am Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg.
- 2003 *Niklot Klüßendorf*, Dr.phil., apl. Professor für Numismatik und Geldgeschichte an der Philipps Universität, Marburg.
- 2004 *Joachim Milberg*, Dr.-Ing. Dr.h.c.mult. Dr.-Ing. E.h.mult., Professor für Maschinenbau und Produktionswissenschaften, München.
- 2005 *Klaus von Klitzing*, Dr.rer.nat. Dr.h.c.mult., Professor für Festkörperphysik, Direktor am Max-Planck-Institut für Festkörperforschung, Stuttgart, Honorarprofessor an der Universität Stuttgart.
- 2006 *Peter Bürger*, Dr.phil.habil., Professor em. für Literaturwissenschaft (Französisch) und Ästhetische Theorie an der Universität Bremen.
- 2007 *Herbert A. Mang*, Dipl.-Ing. Dr.techn. Ph.D. Dr.h.c.mult., Ordentlicher Universitäts-Professor für Elastizitäts- und Festigkeitslehre an der Technischen Universität Wien.
- 2008 *Rudolf K. Thauer*, Dr.rer.nat.habil. Dr.h.c.mult., Professor für Mikrobiologie, Direktor des Max Planck Instituts für terrestrische Mikrobiologie, Marburg.

MITGLIEDERVERZEICHNIS (Stand: 31.12.2008)

Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft

Fallersleber-Tor-Wall 16, 38100 Braunschweig
Telefon: (0531) 1 44 66 . Telefax: (0531) 1 44 60
E-Mail: poststelle@bwg.niedersachsen.de,
Homepage: <http://www.bwg-niedersachsen.de>

Präsident: Prof. Dr.rer.nat. Dr.h.c. Joachim Klein
(bis 31.12.2010)

Generalsekretär: Prof. Dr.med. Dr.phil. Claus-Artur Scheier
(bis 31.12.2009)

Geschäftsstelle: Frau Hannelore Haubold (Büroleiterin)
Frau Gabriele Petersen

Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften

Vorsitzender: Prof. Dr. rer. nat. Thomas Hartmann (bis 31.12.2009)

Ordentliche Mitglieder:

Bahadir, Müfit (13.11.1947), Dr.rer.nat. Dr.agr.habil. Dr.h.c., Prof. (Ökologische Chemie und Abfallanalytik, TU Braunschweig), Lützenstraße 6, 38124 Braunschweig

Balling, Rudi (17.10.1953), Dr.troph., Prof. u. Wiss. Geschäftsführer (Infektionsbiologie, Säugetiergenetik, Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung GmbH, Braunschweig), Siekggraben 32, 38124 Braunschweig

Behrens, Peter (29.6.1957), Dr.rer.nat., Prof. (Anorganische Chemie, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Danziger Ring 5, 30900 Wedemark-Mellendorf

Blöchl, Peter (24.6.1959), Dr.rer.nat., Prof. (Theoretische Physik, TU Clausthal), Dr.-Nieper-Straße 13, 38640 Goslar

Brandes, Dietmar (12.3.1948), Dr.rer.nat habil., Prof. u. Dir. (Botanik, Universitätsbibliothek, TU Braunschweig), Allerstraße 6, 38106 Braunschweig

- Braß, Helmut (22.2.1936), Dr.rer.nat., Prof. (Angewandte Mathematik, TU Braunschweig), Hilsstraße 26, 38122 Braunschweig
- Deutsch, Werner (4.8.1947), Dr.rer.nat., Prof. (Psychologie, TU Braunschweig), Steinbrecherstraße 24, 38106 Braunschweig
- Ehrich, Hans-Dieter (2.2.1943), Dr.rer.nat., Prof.em. (Informatik, TU Braunschweig), Mannheimstraße 66, 38112 Braunschweig
- Ertmer, Wolfgang (13.2.1949), Dr.rer.nat., Prof. (Experimentalphysik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Granatstraße 24, 30823 Garbsen
- Gericke, Karl-Heinz (3.6.1951), Dr.phil.nat., Prof. (Physikalische Chemie, TU Braunschweig), Mühlenweg 12, 38122 Braunschweig
- Glaßmeier, Karl-Heinz (28.4.1954), Dr.rer.nat., Prof. (Geophysik, TU Braunschweig), Sauerbruchstraße 17, 38116 Braunschweig
- Göbel, Ernst Otto (24.3.1946), Dr.rer.nat., Prof. u. Präs. (Experimentalphysik, PTB Braunschweig), Oscar-Fehr-Weg 16, 38116 Braunschweig
- Harborth, Heiko (11.2.1938), Dr.rer.nat., Prof. (Mathematik, TU Braunschweig), Bienroder Weg 47, 38106 Braunschweig
- Hartmann, Thomas (2.2.1937), Dr.rer.nat., Prof. (Pharmazeutische Biologie, TU Braunschweig), Walter-Hans-Schultze-Straße 21, 38116 Braunschweig
- Henzler, Martin (18.5.1935), Dr.rer.nat., Prof. (Festkörperphysik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Finkenweg 6, 38826 Garbsen OT Schloss Ricklingen
- Hopf, Henning (13.12.1940), Dr.phil. Dr.h.c., Prof. (Organische Chemie, TU Braunschweig), Steinbrecherstraße 9, 38106 Braunschweig
- Hövermann, Jürgen (15.3.1922), Dr.rer.nat., Prof.em. (Geographie, Georg-August-Universität Göttingen), Nelkenweg 10, 37154 Northeim
- Hulek, Klaus (19.8.1952), Dr.rer.nat.habil., Prof. (Mathematik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Peiner Weg 17, 31303 Burgdorf
- Jahn, Dieter (1.8.1959), Dr.rer.nat.habil., Prof. (Mikrobiologie, TU Braunschweig), In den Schönen Morgen 14, 38300 Wolfenbüttel
- Jockusch, Brigitte M. (27.9.1939), Dr.rer.nat., Prof. (Zoologie, TU Braunschweig), Wendenstraße 28/29, 38100 Braunschweig
- Kanold, Hans-Joachim (29.7.1914), Dr.rer.nat.habil., Prof.em. (Mathematik, TU Braunschweig), Am Hohen Tore 4 A, Augustinum, 38118 Braunschweig
- Kaufmann, Dieter Eckart (19.11.1948), Dr.rer.nat.habil., Prof. (Organische Chemie, TU Braunschweig), Oberer Triftweg 22, 38640 Goslar

- Klein, Joachim (20.8.1935), Dr.rer.nat. Dr.h.c., Prof. (Makromolekulare Chemie, TU Braunschweig), Hühnerkamp 21, 38104 Braunschweig
- Kowalsky, Hans-Joachim (16.7.1921), Dr.rer.nat., Prof.em. (Mathematik, TU Braunschweig), Am Schiefen Berg 20, 38302 Wolfenbüttel
- Litterst, Fred Jochen (9.12.1945), Dr.rer.nat.habil., Prof. (Experimentalphysik, TU Braunschweig), Nordendorfweg 4 a, 38110 Braunschweig
- Maaß, Günter (7.1.1934), Dr.rer.nat., Prof. u. Dir. (Biophysikalische Chemie, GBF Braunschweig), Im Eichholz 27, 30657 Hannover
- Meijere, Armin de (18.5.1939), Dr.rer.nat., Prof. (Chemie, Georg-August-Universität Göttingen), Brombeerweg 13, 37077 Göttingen
- Mendel, Ralf-Rainer (20.3.1952), Dr.rer.nat.habil. Dr.sc.nat., Prof. (Botanik, TU Braunschweig), Wiesengrund 3, 38542 Leiferde
- Müller, Georg (1.10.1930), Dr.rer.nat., Dr.rer.nat.h.c., Prof.em. (Mineralogie und Petrographie, TU Clausthal), Einersberger Blick 27, 38678 Clausthal-Zellerfeld
- Müller-Goymann, Christel Charlotte (5.12.1951), Dr.rer.nat., Prof. (Pharmazeutische Technologie, TU Braunschweig), Am Rübenberg 16, 38104 Braunschweig
- Pott, Richard (8.7.1951), Dr.rer.nat., Prof. (Geobotanik, Landschaftsökologie, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Waldersee Straße 19, 30177 Hannover
- Richter, Egon (24.3.1928), Dr.rer.nat., Prof.em. (Theoretische Physik, TU Braunschweig), Sommerlust 33, 38118 Braunschweig
- Richter, Otto (3.8.1946), Dr.rer.nat.habil., Prof. (Agrarökologie, TU Braunschweig), Kreuzwinkel 22, 38527 Meine-Abbesbüttel
- Rieger, Georg Johann (16.8.1931), Dr.rer.nat., Prof. (Mathematik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Rosenstraße 2, 31311 Uetze
- Schätzl, Ludwig (17.1.1938), Dr.oec.publ., Prof. (Wirtschaftsgeographie, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Im Eichholz 49, 30657 Hannover
- Schaumann, Ernst (16.9.1943), Dr.rer.nat., Prof. (Organische Chemie, TU Clausthal), An der Trift 4 a, 38678 Clausthal-Zellerfeld
- Scheper, Thomas (29.3.1956), Dr.rer.nat., Prof. (Technische Chemie, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Lange-Hop Straße 47 B, 30559 Hannover

- Schmidt, Gudrun (11.3.1943), Dr.rer.nat.habil., Prof. (Technische Chemie, Technische Universität Clausthal), Schillerstraße 14 b, 37520 Osterode
- Schügerl, Karl (22.6.1927), Dr.rer.nat., Dr.h.c., Prof.em. (Technische Chemie, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Arnumer Kirchstraße 31, 30966 Hemmingen
- Schwink, Christoph (20.3.1928), Dr.rer.nat., Prof.em. (Physik, TU Braunschweig), Spitzwegstraße 21, 38106 Braunschweig
- Sonar, Thomas (27.2.1958), Dr.rer.nat. Dipl.-Ing., Prof. (Technomathematik, TU Braunschweig), Hildebrandstraße 35, 38112 Braunschweig
- Stephan, Ernst-Peter (18.5.1947), Dr.rer.nat.habil., Prof. (Mathematik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Veilchenstraße 5, 30900 Wedemark
- Steudel, Andreas (17.2.1925), Dr.rer.nat., Prof. (Physik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Hahnensteg 41 C, 30549 Hannover
- Vollmar, Roland (1.11.1939), Dr.-Ing., Prof. (Informatik, Universität Karlsruhe), Wendtstraße 10, 76185 Karlsruhe
- Weinert, Hanns Joachim (26.1.1927), Dr.phil. et rer.nat.habil., Prof. (Mathematik, TU Clausthal), Glückaufweg 6, 38678 Clausthal-Zellerfeld
- Welling, Herbert (1.9.1929), Dr.rer.nat., Prof. (Physik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Nogatweg 13, 30916 Isernhagen
- Werner, Reinhard F. (26.3.1954), Dr.rer.nat., Prof. (Theoretische Physik, TU Braunschweig), Gerhart-Hauptmann-Straße 1, 38304 Wolfenbüttel
- Willerding, Ulrich (8.7.1932), Dr.rer.nat., apl. Prof. (Botanik, Georg-August-Universität Göttingen), Calsowstraße 60, 37085 Göttingen
- Winterfeldt, Ekkehard (13.5.1932), Dr.rer.nat., Dr.h.c., Prof. (Organische Chemie, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Sieversdamm 34, 30916 Isernhagen
- Wirths, Karl-Joachim (24.5.1944), Dr.rer.nat., Prof. (Mathematik, TU Braunschweig), Im Unterdorf 14 a, 38527 Meine-Abbesbüttel
- Zinner, Gewalt (30.9.1924), Dr.phil. Dr.rer.nat.h.c., Prof.em. (Pharmazeutische Chemie, TU Braunschweig), Am Papenholz 14, 38104 Braunschweig

Korrespondierende Mitglieder:

- Bürger, Hans, Dr.rer.nat., Prof. (Anorganische Chemie, Bergische Universität Wuppertal), Kruppstraße 230, 42113 Wuppertal

- Ertl, Gerhard, Dr.rer.nat., Dr.h.c., Prof. u. Dir. (Physikalische Chemie, Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft), Garystraße 18, 14195 Berlin
- Görlitzer, Klaus, Dr.rer.nat., Prof. (Pharmazeutische Chemie, TU Braunschweig), Lennéstraße 12 A, 14471 Potsdam
- Haken, Hermann, Dr.rer.nat., Dr.h.c.mult., Prof. (Theoretische Physik, Universität Stuttgart), Sandgrubenstraße 1, 71063 Sindelfingen
- Keßler, Franz Rudolf, Dr.phil., Prof.em. (Physik, TU Braunschweig), Am Krausberg 12, 52351 Düren
- Kippenhahn, Rudolf, Dr.rer.nat., Prof. u. Dir. (Astrophysik, MPI für Physik und Astrophysik), Rautenbreite 2, 37077 Göttingen
- Krätschmer, Wolfgang, Dr.rer.nat., Honorarprofessor (Kernphysik, Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg und Universität Heidelberg), Pfarrgasse 17 a, 69251 Gaiberg
- Kuhn, Hans, Dr.phil., Dr.rer.nat.h.c.mult., Prof. u. Dir. i. R. (Biophysikalische Chemie, MPI Göttingen), Ringoldswilstraße 50, 33656 Tschingel ob Gunten/Schweiz
- Meschede, Dieter, Dr.rer.nat., Prof. (Angewandte Physik, Universität Bonn), Wegeler Straße 8, 53115 Bonn
- Schaller, Friedrich, Dr.rer.nat., Prof. (Zoologie, Universität Wien), Regenweg 1/14/3, 1170 Wien/Österreich
- Schwab, Klaus, Dr.rer.nat., Prof. (Geologie und Paläontologie, TU Clausthal), Berliner Straße 119, 38678 Clausthal-Zellerfeld
- Scriba, Christoph J., Dr.rer.nat., Prof. (Geschichte der Naturwissenschaften, Universität Hamburg), Langenfelder Damm 61, Whg.64, 22525 Hamburg
- Tietz, Horst, Dr.phil., Prof.em. (Mathematik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Eilenriede-Stift, Haus B 412, Bevenserweg 10, 30625 Hannover
- Voigt, Hans-Heinrich, Dr.rer.nat., Prof.em. (Astronomie und Astrophysik, Universität Göttingen), Charlottenburger Straße 19, 37085 Göttingen
- Voronkov, Michael Gregor, Dr.rer.nat., Dr.h.c., Prof. u. Dir. (Chemie, A.E. Favorsky Irkutsk Institute of Chemistry), 1 Favorsky Street, /GUS
- Wandrey, Christian, Dr.rer.nat., Prof. u. Dir. a. D. (Biotechnologie, Forschungszentrum Jülich GmbH, Institut 2), Wolfshovener Straße 139, 52428 Jülich
- Witting, Hermann, Dr.rer.nat.habil., Dr.rer.nat.h.c., Prof. (Mathematik, Universität Freiburg), Anemonenweg 3, 79107 Freiburg

Klasse für Ingenieurwissenschaften

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Peter Wriggers (bis 31.12.2008)

Ordentliche Mitglieder:

Barke, Erich (28.12.1946), Dr.-Ing.habil, Prof. und Präsident (Mikroelektronische Systeme, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Callinstraße 48, 30167 Hannover

Beck, Hans-Peter (27.11.1947), Dr.-Ing., Prof. (Grundlagen der Elektrotechnik und Elektrische Energietechnik, TU Clausthal), Obere Trift 14, 38640 Goslar

Bohnet, Matthias (20.7.1933), Dr.-Ing., Prof. (Verfahrens- und Kerntechnik, TU Braunschweig), Otto-Hahn-Straße 45, 38116 Braunschweig

Buchwald, Konrad (16.2.1914), Dr.phil.nat.habil., Prof.em. (Landespflege, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Große Heide 33, 30657 Hannover

Budelmann, Harald (6.5.1952), Dr.-Ing., Prof. (Baustoffkunde und Stahlbetonbau, TU Braunschweig), Schneekoppweg 1, 38302 Wolfenbüttel

Büttgenbach, Stephanus (25.1.1945), Dr.rer.nat., Prof. (Mikrotechnik, TU Braunschweig), Dr.-Bockemüller-Ring 33, 38173 Sickinge

Canders, Wolf-Rüdiger (23.1.1947), Dr.-Ing., Prof. (Elektrotechnik, TU Braunschweig), Fuchshaller Weg 38, 37520 Osterode

Carlowitz, Otto (24.6.1949), Dr.-Ing., Prof. u. Geschäftsführer (Umweltwissenschaften, CUTEC-Institut GmbH), Am Dammgraben 1, 38678 Clausthal-Zellerfeld

Denkena, Berend (5.11.1959), Dr.-Ing., Prof. (Fertigungstechnik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Hermann-Sievers-Weg 2, 30900 Wedemark

Dinkler, Dieter (25.10.1951), Dr.-Ing.habil., Prof. (Statik und Dynamik von Tragwerken, Numerische Mechanik, TU Braunschweig), Ulenflucht 17, 38226 Salzgitter

Duddeck, Heinz (14.5.1928), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof.em. (Statik, TU Braunschweig), Greifswaldstraße 38, 38124 Braunschweig

Ernst, Rolf (23.8.1955), Dr.-Ing., Prof. (Datentechnik und Kommunikationsnetze, TU Braunschweig), Ellernbruch 12 b, 38112 Braunschweig

Eßlinger, Maria (4.3.1913), Dr.-Ing., apl. Prof. (Statik, DLR Braunschweig), Bussardweg 2, 38108 Braunschweig

- Haeßner, Frank (6.1.1927), Dr.rer.nat., Prof.em. (Werkstoffkunde und Herstellungsverfahren, TU Braunschweig), Julius-Leber-Straße 46, 38116 Braunschweig
- Heipke, Christian (5.4.1961), Dr.-Ing.habil., Prof. (Photogrammetrie und Fernerkundung, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Sudetenstraße 16, 30559 Hannover
- Herrenberger, Justus (27.5.1920), Dr.-Ing., Prof.em. (Baukonstruktionen, TU Braunschweig), Ginsterweg 22, 38126 Braunschweig
- Hesselbach, Jürgen (2.11.1949), Dr.-Ing. Dr.h.c., Prof. und Präsident (Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik, TU Braunschweig), Wendessener Straße 4, 38300 Wolfenbüttel
- Jeschar, Rudolf (17.6.1930), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof. (Energieverfahrenstechnik, TU Clausthal), Bäringer Straße 30, 38640 Goslar
- Kind, Dieter (5.10.1929), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Honorarprof. u. Präs. i.R. (Hochspannungstechnik, TU Braunschweig und PTB Braunschweig), Knappstraße 4, 38116 Braunschweig
- Konecny, Gottfried (17.6.1930), Dr.-Ing., Dr.h.c.mult., Prof. (Photogrammetrie und Ingenieurvermessungen, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Wartheweg 22, 30559 Hannover
- Kose, Volkmar (30.3.1936), Dr.rer.nat., Honorarprof. (Präzisionsmeßtechnik, TU Braunschweig, PTB Braunschweig), Nernstweg 9, 38116 Braunschweig
- Kowalsky, Wolfgang (23.3.1958), Dr.-Ing.habil., Prof. (Hochfrequenztechnik, TU Braunschweig), Dorothea-Erxleben-Straße 41 b, 38116 Braunschweig
- Krafczyk, Manfred (24.2.1965), Dr.-Ing.habil., Prof. (Bauinformatik, Strömungssimulation, TU Braunschweig), Krummenried 7, 38179 Rothemühle
- Lautz, Günter (15.11.1923), Dr.rer.nat., Prof.em. (Elektrophysik, TU Braunschweig), Fallsteinweg 97, 38302 Wolfenbüttel
- Leilich, Hans-Otto (28.11.1925), Dr.-Ing., Prof.em. (Datenverarbeitungsanlagen, TU Braunschweig), Am Schiefen Berg 61 a, 38302 Wolfenbüttel
- Leonhard, Werner (25.5.1926), Dr.-Ing., Dr.h.c., Prof.em. (Regelungstechnik, TU Braunschweig), Am Schiefen Berg 54, 38302 Wolfenbüttel
- Lindmayer, Manfred (4.10.1941), Dr.-Ing., Prof. (Elektrische Energieanlagen, TU Braunschweig), Am Papenholz 15, 38104 Braunschweig
- Mahrenholtz, Oskar (17.5.1931), Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h.mult. Dr.h.c., Prof.em. (Mechanik, TU Hamburg-Harburg), Mümmelmannweg 16, 21220 Seevetal

- Marx, Claus (21.8.1931), Dr.-Ing., Dr.h.c., Prof. (Tiefbohrkunde und Erdölgewinnung, TU Clausthal), Am Stollen 18, 38640 Goslar
- Matthies, Hans Jürgen (6.11.1921), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof.em. (Landmaschinen, TU Braunschweig), Wöhlerstraße 15, 38116 Braunschweig
- Merker, Günter Peter (9.4.1942), Dr.-Ing.habil., Prof. (Technische Verbrennung, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Schöneckstraße 30, 88069 Tettnang
- Mitschke, Manfred (5.5.1929), Dr.-Ing., Prof. (Fahrzeugtechnik, TU Braunschweig), Buchfinkweg 1, 38112 Braunschweig
- Möller, Dietrich (18.12.1927), Dr.-Ing., Prof.em. (Vermessungskunde, TU Braunschweig), Ziegelwiese 2, 38104 Braunschweig
- Müller, Jürgen, (13.3.1962), Dr.-Ing.habil., Prof. (Physikalische Geodäsie, Satellitengeodäsie, TU Braunschweig), Im Eschbruch 8, 30952 Ronnenberg
- Musmann, Hans-Georg (14.8.1935), Dr.-Ing., Prof. (Nachrichtentechnik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Heckenrosenweg 24, 38259 Salzgitter
- Peil, Udo (20.4.1944), Dr.-Ing., Prof. (Stahlbau, TU Braunschweig), Försterkamp 9, 38302 Wolfenbüttel
- Radespiel, Rolf, (16.2.1957) Dr.-Ing., Prof. (Strömungsmechanik, TU Braunschweig), Wilhelmshöhe 11, 38108 Braunschweig
- Reimers, Ulrich (23.3.1952), Dr.-Ing., Prof. (Nachrichtentechnik, TU Braunschweig), Kollwitzstraße 28, 38159 Vechelde
- Rostásy, Ferdinand Stefan (4.5.1932), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof. (Baustoffe und Stahlbetonbau, TU Braunschweig), Nietzschestraße 26, 38126 Braunschweig
- Rothert, Heinrich (5.12.1938), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof. (Statik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Feldbrunnenstraße 15, 20148 Hamburg
- Scheer, Joachim (5.3.1927), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof.em. (Stahlbau, TU Braunschweig), Wartheweg 20, 30559 Hannover
- Schnieder, Eckehard (7.2.1949), Dr.-Ing. Dr.h.c., Prof. (Verkehrssicherheit und Automatisierungstechnik, TU Braunschweig), Friedrich-Knoll-Straße 3, 38104 Braunschweig
- Schönfelder, Helmut (3.4.1926), Dr.-Ing., Prof.em. (Nachrichtentechnik, TU Braunschweig), Fürstenhofweg 1 A, 38667 Bad Harzburg
- Schulitz, Helmut C. (17.7.1936), Dipl.-Ing., M.Arch., Arch.BDA, Hon.FAIA, Prof. (Architektur, TU Braunschweig), Am Dahlumer Holze 27, 38126 Braunschweig

- Schwedes, Jörg (26.2.1938), Dr.-Ing., Prof. (Verfahrenstechnik, TU Braunschweig), Fasanenstraße 17, 38102 Braunschweig
- Schwerdtfeger, Klaus (16.9.1934), Dr.-Ing., Prof. (Allgemeine Metallurgie, TU Clausthal), Zeppelinstraße 28, 38640 Goslar
- Sester, Monika (19.9.1961), Dr.-Ing.habil., Prof. (Kartographie und Geoinformatik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Groß-Buchholzer Kirchweg 17, 30655 Hannover
- Siefer, Thomas Bernhard (5.3.1955), Dr.-Ing., Prof. (Eisenbahnbetriebswissenschaft, Verkehrsökonomie, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Süßeroder Straße 10, 30559 Hannover
- Stein, Erwin (5.7.1931), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Dr.h.c.mult., Prof.em. (Baumechanik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Am Ortfelde 124, 30916 Isernhagen
- Thoma, Manfred (24.2.1929), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Dr.h.c., Prof. (Regelungstechnik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Westermannweg 7, 30419 Hannover
- Tönshoff, Hans Kurt (14.5.1934), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h.mult. Dr.h.c.mult., Prof. (Fertigungstechnik und Spanende Werkzeugmaschinen, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Bruchholzwiesen 10, 30938 Burgwedel
- Unger, Hans-Georg (14.9.1926), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h.mult, Dr.rer.nat.h.c., Prof.em. (Hochfrequenztechnik, TU Braunschweig), Wöhlerstraße 10, 38116 Braunschweig
- Weh, Herbert (1.3.1928), Dr.-Ing., Dr.sc.techn.h.c., Prof. (Starkstromtechnik, TU Braunschweig), Kirchplatz 12, 87534 Oberstaufen
- Wiendahl, Hans-Peter (11.2.1938), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof. (Arbeitsmaschinen und Fabrikanlagen, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Am Winkelberge 6, 30826 Garbsen
- Wriggers, Peter (3.2.1951), Dr.-Ing., Prof. (Baumechanik und Numerische Mechanik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Bödekerstraße 8, 30161 Hannover
- Zabeltitz, Christian von (7.8.1932), Dr.-Ing., Prof. (Technik in Gartenbau und Landwirtschaft, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Hellwiesen 3, 30900 Wedemark
- Zenner, Harald (8.7.1938), Dr.-Ing., Prof. (Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit, TU Clausthal), Narzissenhang 1, 01328 Dresden
- Zielke, Werner (8.12.1937), Dr.-Ing., Prof. (Strömungsmechanik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Lönsweg 31, 30826 Garbsen

Korrespondierende Mitglieder:

- Baehr, Hans-Dieter, Dr.-Ing., Dr.E.h., Prof. (Thermodynamik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Dürerstraße 9, 44795 Bochum
- Bjerhammer, Arne, tekn.dr., Prof. (Geodäsie, Kungl. Tekniska Högskolan Stockholm) Schweden
- Funke, Paul, Dr.-Ing., Prof. (Werkstoffumformung, TU Clausthal), Arnikaweg 12, 38678 Clausthal-Zellerfeld
- Garbrecht, Günther, Dr.-Ing., Dr.sc.h.c., Prof.em. (Wasserbau, Wasserwirtschaft und Kulturtechnik, TU Braunschweig), Drosselweg 15, 38179 Schwülper
- Gersten, Klaus, Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof. (Thermo- und Fluidodynamik, Universität Bochum), Hofleite 15, 44795 Bochum
- Gilles, Ernst Dieter, Dr.-Ing. Dr.h.c.mult., Direktor (Mess- und Regelungstechnik, MPI Dynamik komplexer technischer Systeme, Magdeburg), Bauernwaldstraße 131, 70195 Stuttgart
- Hofmann, Wilhelm, Dr.-Ing., Prof.em. (Baukonstruktion und Entwerfen, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Wohnstift Augustinum, App. 5513, Renteillichtung 8, 45134 Essen
- Kärner, Hermann Christian, Dr.-Ing., Dr.h.c., Prof. (Hochspannungstechnik, TU Braunschweig), Lessingstraße 10 a, 94575 Windorf
- Kistenmacher, Hans, Dr.rer.pol., Prof. (Regional- und Landesplanung, Universität Kaiserslautern), Friedrich-Ebert-Straße 1, 67271 Neuleiningen
- Krätzig, Wilfried B., Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof. (Statik und Dynamik/Bauingenieurwesen, Ruhr-Universität Bochum), Wagenfeldstraße 8 A, 58456 Witten
- Kreuzer, Edwin, Dr.-Ing.habil., Prof. und Präsident (Mechanik und Meerestechnik, TU Hamburg-Harburg), Gerlachstraße 12, 21075 Hamburg
- Mang, Herbert A., Dipl.-Ing. Dr. techn. Dr.h.c.mult. Ph.D., ordentl. Univ.-Prof. (Strukturmechanik, TU Wien), Tolstojgasse 5/10, A-1130 Wien
- Mayinger, Franz, Dr.-Ing., Prof. (Verfahrenstechnik, TU München), Am Haselnußstrauch 18, 80935 München
- Menn, Christian, Prof.em. Dr.-Ing. Dr.-Ing.E.h. (Konstruktiver Ingenieurbau, ETH Zürich), Plantaweg 21, 7000 Chur Schweiz
- Milberg, Joachim, Dr.-Ing. Dr.h.c.mult. Dr.-Ing.E.h.mult., Prof. u. Präs. (Maschinenbau und Produktionswissenschaften, Union der deutschen Akademien der Wissenschaften e. V.), Residenz München, Hofgartenstraße 2, 80539 München
- Moritz, Helmut, Dr.h.c.mult. Dr.techn., Prof. (Erdmessung und Physikalische Geodäsie, TU Graz), Maria-Troster-Straße 114, 8043 Graz/Österreich

- Pierick, Klaus, Dr.-Ing., Prof. (Verkehr, Eisenbahnwesen und Verkehrssicherung, TU Braunschweig), Am Uhlenbusch 31, 38108 Braunschweig
- Ramm, Ekkehard, Dr.-Ing.habil. Dr.-Ing. E.h. Dr.h.c., Prof. (Baustatik, Computer orientierte Strukturmechanik, Universität Stuttgart), Sperberweg 31, 71032 Böblingen
- Schlitt, Herbert, Dr.phil.nat., Prof. (Regelungstechnik, Universität Erlangen-Nürnberg), Egerlandstraße 5, 91058 Erlangen
- Spengelin, Friedrich, Dipl.-Ing., Prof. (Städtebau, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Habichtshorststraße 12, 30655 Hannover
- Steck, Elmar, Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof. (Mechanik, TU Braunschweig), Mauernstraße 12, 38312 Börssum/Bornum
- Stracke, Ferdinand, Dipl.-Ing., Prof. (Städtebau und Regionalplanung, TU München), Wilhelm-Düll-Straße 40, 80638 München
- Torge, Wolfgang, Dr.-Ing., Prof. (Theoretische Geodäsie, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Mönchekamp 4 A, 30457 Hannover
- Truckenbrodt, Erich, Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof.em. (Strömungsmechanik, TU München), Josef-Würth-Straße 12, 82031 Grünwald
- Zumpe, Günter, Dr.-Ing.habil., Dr.h.c., Prof. (Mechanik, TU Dresden), Knoopstraße 7, 01326 Dresden

Klasse für Geisteswissenschaften

Vorsitzender: Prof. Dr.phil. habil. Dr.h.c. Hans-Joachim Behr (bis 31.12.2010)

Ordentliche Mitglieder:

- Adam, Wolfgang (16.3.1949), Dr.phil., Prof. (Germanistik – Neuere Deutsche Literatur, Universität Osnabrück), Falkenring 6, 49134 Wallenhorst
- Alpers, Klaus (27.9.1935), Dr.phil., Prof. (Klassische Philologie, Universität Hamburg), Kolberger Straße 12, 21339 Lüneburg
- Behr, Hans-Joachim (18.1.1949), Dr.phil.habil. Dr.h.c., Prof. (Ältere deutsche Sprache und Literatur, TU Braunschweig), Steige 8, 38102 Braunschweig
- Boeder, Heribert (17.11.1928), Dr.phil., Prof. (Philosophie, Universität Osnabrück), Lönsweg 10, 49076 Osnabrück
- Borsche, Tilman (02.02.1947), Dr.phil., Prof. (Philosophie, Universität Hildesheim), Silberfundstraße 26, 31141 Hildesheim

- Breger, Herbert (10.10.1946), Dr.rer.nat.habil., apl. Prof. und Leiter (Geschichte und Philosophie der Mathematik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover und Leibniz-Archiv), Eichstraße 7, 30161 Hannover
- Conermann, Klaus (1.10.1941), Dr. phil., Prof.em. (Germanistik (Neuere deutsche Literatur), Sächsische Akademie der Wissenschaften „Fruchtbringende Gesellschaft“), Schlossplatz 18, 38304 Wolfenbüttel
- Cunz, Reiner (12.4.1958), Dr.phil., Nds. Landesnumismatiker, Wiss. Leiter des Nds. Münzkabinetts der Deutschen Bank (Numismatik, Landesmuseum Hannover), Spielhagenstraße 4, 30171 Hannover
- Daniel, Ute (3.5.1953), Dr.phil, Prof. (Neuere Geschichte, TU Braunschweig), Wendenmaschstraße 7, 38100 Braunschweig
- Fritz, Wolfgang (12.7.1951), Dr.rer.pol.habil., Prof. (Betriebswirtschaftslehre, TU Braunschweig), Rebenstraße 89, 64646 Heppenheim
- Gahl, Klaus P. G. (14.6.1937), Dr.med., Prof. u. Chefarzt (Innere Medizin, Medizinische Klinik II am Städtischen Klinikum Braunschweig), Dürerstraße 10, 38106 Braunschweig
- Ganzert, Joachim (3.1.1948), Dr.-Ing.habil., Prof. (Bau- und Stadtbaugeschichte, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Mendelssohnstraße 6, 30173 Hannover
- Henne, Helmut (5.4.1936), Dr.phil., Prof. (Germanistische Linguistik, TU Braunschweig), Platanenstraße 27, 38302 Wolfenbüttel
- Hentze, Joachim (23.6.1940), Dr.rer.pol.habil. Dr.h.c., Prof. (Betriebswirtschaftslehre: Unternehmensführung, TU Braunschweig), Brachvogelweg 4, 30916 Isernhagen
- Kühne, LL.M., Gunther (25.8.1939), Dr.jur., Prof. (Berg- und Energierecht, TU Clausthal), Geheimrat-Ebert-Straße 1, 38640 Goslar
- Lohse, Eduard (19.2.1924), Dr.theol.D., Honorarprof. u. Landesbischof i. R. (Ev.-luth. Landeskirche Hannover), Ernst-Curtius-Weg 7, 37075 Göttingen
- Luchterhandt, Otto (19.02.1943), Dr.jur., Prof. (Jurisprudenz, Ostrecht, Universität Hamburg), Im Wendischen Dorfe 28, 21335 Lüneburg
- Märtl, Claudia (3.7.1954), Dr.phil.habil., Prof. (Mittelalterliche Geschichte, Universität München), Preysingstraße 29, 81667 München
- Meckseper, Cord (29.10.1934), Dr.-Ing.habil., Prof. (Bau- und Kunstgeschichte, Universität Hannover), Eisenacher Weg 4, 30179 Hannover
- Müller, Gerhard (10.5.1929), Dr.theol., D.D., Honorarprof. u. Landesbischof i.R. (Ev.-luth. Landeskirche Braunschweig), Sperlingstraße 59, 91056 Erlangen

- Peine, Franz-Joseph (18.8.1946), Dr.jur., Prof. (Öffentliches Recht, Europa-Universität Viadrina, Frankfurt/Oder), Kurpromenade 56, 14089 Berlin
- Pollmann, Klaus Erich (12.9.1940), Dr.phil., Prof. u. Rektor (Neuere Geschichte und Zeitgeschichte, Universität Magdeburg), Glogaustraße 17, 38124 Braunschweig
- Raabe, Paul (21.2.1927), Dr.phil.habil., Dr.h.c.mult., apl. Prof. u. Dir. i.R. (Deutsche Literaturwissenschaft, Georg-August-Universität Göttingen, Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel), Roseggerweg 45, 38304 Wolfenbüttel
- Rengeling, Hans-Werner (25.2.1938), Dr.jur., Prof. (Umweltrecht, Universität Osnabrück), Langeworth 143, 48159 Münster
- Rötting M.A., Hartmut (11.8.1932), Honorarprof. (Denkmalpflege, Stadtarchäologie, TU Braunschweig), Lobmachersche Straße 18, 38312 Cramme
- Salje, Peter (9.2.1948), Dr.jur., Dr.rer.pol., Prof. (Rechtswissenschaften, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Heiligenfelder Straße 10 a, 27211 Bassum-Neubrunhausen
- Scheier, Claus-Artur (8.9.1942), Dr.med., Dr.phil.habil., Prof. (Philosophie, TU Braunschweig), Jasperallee 77, 38102 Braunschweig
- Schindel, Ulrich (10.9.1935), Dr.phil.habil., Prof. (Klassische Philologie, Georg-August-Universität Göttingen), Albert-Schweitzer-Straße 3, 37075 Göttingen
- Schmidt-Glintzer, Helwig (24.6.1948), Dr.phil.habil., Prof. u. Dir. (Sinologie, Allgemeine Kulturwissenschaft, Georg-August-Universität Göttingen, Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel), Lessingplatz 1, 38300 Wolfenbüttel
- Stauf, Renate (23.3.1949), Dr.phil.habil., Prof. (Neuere deutsche Literatur, TU Braunschweig), Kasernenstraße 23, 38102 Braunschweig
- Thieme, Hartmut (20.11.1947), Dr.rer.nat., Leiter d. Archäol. Schwerpunktuntersuchungen im Helmstedter Braunkohlenrevier (Ur- und Frühgeschichte, Nieders. Landesamt f. Denkmalpflege Hannover), Schaumburger Weg 9, 31542 Bad Nenndorf
- Thieme, Werner (13.10.1923), Dr.jur., Prof.em. (Verwaltungslehre, Universität Hamburg), Berggartenstraße 14, 29223 Celle
- Thies, Harmen (26.12.1941), Dr.phil., Prof. (Baugeschichte, TU Braunschweig), Rodeweg 3, 38162 Cremlingen
- Vogtherr, Thomas (19.8.1955), Dr.phil., Prof. (Geschichte des Mittelalters, Universität Osnabrück, Lessingstraße 6, 49134 Wallenhorst)

Wahrig, Bettina (16.7.1956), Dr.med.habil., Prof. (Geschichte der Naturwissenschaften mit Schwerpunkt Pharmazie, TU Braunschweig), Ratsbleiche 11, 38114 Braunschweig

Warncke, Carsten-Peter (21.6.1947), Dr.phil., Prof. (Kunstgeschichte, Georg-August-Universität Göttingen), Schöne Aussicht 59, 34346 Hann. Münden

Zahlten, Johannes (25.1.1938), Dr.phil., Prof. (Kunstgeschichte, HBK Braunschweig), Olfermannstraße 11, 38102 Braunschweig

Korrespondierende Mitglieder:

Brett, Michael, Ph.D., Reader in the History of North Africa (Arabisch u. Arabische Geschichte mit besonderer Berücksichtigung Nordafrikas, School of Oriental and African Studies, London), 142 Turney Road, West Dulwich, London SE 21 7 JJ/Groß Britannien

Bürger, Peter, Dr.phil., Prof. em. (Allgemeine Literaturwissenschaft, Romanistik, Universität Bremen), Hans-Thoma-Straße 25, 28209 Bremen

Burkert, Walter, Dr.phil., Prof. (Klassische Philologie, Universität Zürich), Wildsbergstraße 8, 8610 Uster/Schweiz

Cohen-Mushlin, Aliza, Ph.D., Prof. und Dir. (Jüdische Kunst, Center for Jewish Art, The Hebrew University of Jerusalem), 19 Efrata St., Jerusalem 93384/Israel

Ehlers, Joachim, Dr.phil., Prof. (Mittelalterliche Geschichte, FU Berlin), Am Wieselbau 9, 14169 Berlin

Elbern, Victor H., Dr.phil., Accademico dei Lincei, Honorarprof. (Kunstgeschichte, FU Berlin), Ilsesteinweg 42, 14129 Berlin

Engel Holland, Eva Johanna, Dr.phil., Prof.em. (Germanistik und Romanistik, Wellesley College/USA und Forschungsauftrag DFG Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel), Schloßplatz 10, 38304 Wolfenbüttel

Esch, Arnold, Dr.phil., Prof. u. Dir. i.R. (Mittelalterliche Geschichte, Deutsches Historisches Institut in Rom), Via della Lungara, 18, 00165 Roma/Italien

Garrigues, Marie-Odile, Dr.phil., Prof. (Philosophie und Theologie, Centre Nationale de la Recherche Scientifique Paris), Frankreich

Hopt, Klaus J., Dr.jur. Dr.phil. Dr.h.c.mult., Prof. u. Dir. (Ausländisches und Internationales Privatrecht, MPI für ausländisches und internationales Privatrecht, Hamburg), Isestraße 117, 20148 Hamburg

Kloft, Hans, Dr.phil., Prof. (Alte Geschichte und Wirtschaftsgeschichte, Universität Bremen), Charlottenburger Straße 11, 28211 Bremen

- Klüßendorf, Niklot, Dr.phil., apl. Prof. (Numismatik und Geldgeschichte, Philipps-Universität Marburg), Koppelkaute 2, 35287 Amöneburg
- Lavrov, Sergej, Dr., Prof. (Ökonomische Geographie, Universität Sankt Petersburg), GUS
- Narkiss, Bezalel, Dr.phil., Prof. u. Dir. (Dep. of Art History, Index of Jewish Art, The Hebrew University Jerusalem)
- Oexle, Otto G., Dr.phil., Prof. u. Dir. (Geschichte, MPI für Geschichte, Göttingen), Planckstraße 15, 37073 Göttingen
- Peroni, Adriano, Dr.phil., Prof. (Kunstgeschichte, Universität Florenz), Via Lungo L'Affrico 164, 50137 Florenz/Italien
- Poeschke, Joachim, Dr.phil., Prof. (Kunstgeschichte, Universität Münster), Rudolf-von-Langen-Straße 26, 48147 Münster
- Rambaldi, Enrico, Dr.phil., Prof. (Universität Mailand)
- Rosen, Stanley, Dr.phil., Prof. (Philosophie, Pennsylvania State University) , USA
- Schneidmüller, Bernd, Dr.phil.habil., Prof. (Mittelalterliche Geschichte, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg), Voßstraße 3, 69115 Heidelberg
- Schwarz, Brigide (19.1.1940), Dr.phil., Prof. i.R. (Mittelalterliche Geschichte, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Geibelstraße 2, 12205 Berlin
- Schwerdtfeger, Gunther, Dr.jur., Prof. (Öffentliches Recht und Recht der sozialen Sicherung, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Hülsebrinkstraße 23, 30974 Wennigsen (Deister)
- Seidensticker, Bernd, Dr.phil., Prof. (Klassische Philologie, Freie Universität Berlin), Terrassenstraße 17 a, 14129 Berlin
- Szlezák, Thomas Alexander, Dr.phil., Prof. (Griechische Philosophie, Universität Tübingen), Neckarhalde 3, 72070 Tübingen
- Tsujimura, Koichi, Dr.phil., Prof. (Philosophie, Universität Kyoto), Sakyoku, Kamitakano, Higashidacho 12, 606 Kyoto/Japan
- Vollmer, Gerhard, Dr.rer.nat. Dr.phil., Prof. (Philosophie, TU Braunschweig), Prof.-Döllgast-Straße 14, 86633 Neuburg/Donau
- Voppel, Götz, -Dr.rer.pol., Prof. (Wirtschafts- und Sozialgeographie, Universität Köln), Neckarstraße 58, 51149 Köln
- Zeitler, Rudolf, Dr.phil., Prof.em. (Universität Uppsala), Regngatan 16, 75431 Uppsala/Schweden

